CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

Pesquisa e Aplicações

Editora Poisson

VOLUME 2

Editora Poisson

Ciência dos Alimentos
Pesquisa e Aplicações
Volume 2

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2024

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
MSc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
MSc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569

Ciência dos Alimentos: Pesquisa e Aplicações - Volume 2/ Organização: Editora Poisson – Belo Horizonte - MG: Editora Poisson - 2024

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-419-2
DOI: 10.36229/978-65-5866-419-2

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Tecnologia de Alimentos 2. Alimentos 3. Nutrição I. Título

CDD-664.005

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterado.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Utilização de HPLC e dados quimiométricos para a análise de compostos antioxidantes de bananeiras brasileiras 06

Alessandra Regina Pepe Ambrozin, Astréa Filomena da Souza Silva, Elisangela Fabiana Boffo, Welton Rosa, Airton Damasceno Silva, Sônia Machado Rocha Ribeiro, Luiz Carlos Chamhum Salomão

DOI: 10.36229/978-65-5866-419-2.CAP.01

Capítulo 2: Diferentes partes de cultivares brasileiros de bananeira como fontes de substâncias antioxidantes 26

Welton Rosa, Rafael César Gonçalves Pereira, Astréa Filomena da Souza Silva, Sônia Machado Rocha Ribeiro, Ana Vládia Bandeira Moreira, Luiz Carlos Chamhum Salomão, Alessandra Regina Pepe Ambrozin

DOI: 10.36229/978-65-5866-419-2.CAP.02

Capítulo 3: Reaproveitamento de resíduos de frutas cítricas na produção de compostos bioativos: uma revisão 45

Nicole Novelli do Nascimento, João Vitor de Araujo Silva, Laiza Bergamasco Beltran, Carolina Moser Paraíso, Jumara Silva de Sousa, Angélica Marquetotti Salcedo Vieira

DOI: 10.36229/978-65-5866-419-2.CAP.03

Capítulo 4: Análise sensorial de ovos: uma revisão bibliográfica 61

Déborah Cristina Barcelos Flores, Andressa Inês Schú, Naila Peil Marcuzzo, Flávia Michelon Dalla Nora, Alessandra Stangherlin de Oliveira, Marianna Pozatti Martins de Siqueira, Bruna Nichelle Lucas

DOI: 10.36229/978-65-5866-419-2.CAP.04

Capítulo 5: Aplicação de butiá (*Butia odorata*), mirtilo (*Vaccinium* spp.) e seus derivados em sorvetes: uma revisão sistemática 71

Calinca Skonieski, Neila Silvia Pereira dos Santos Richards, Eliezer Avila Gandra

DOI: 10.36229/978-65-5866-419-2.CAP.05

Capítulo 6: Comparativo de rotulagens de polpas de frutas de acordo na nova legislação 82

Severina Souza da Silva Bernardino, Pahlevi Augusto de Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-419-2.CAP.06

SUMÁRIO

Capítulo 7: Análise da qualidade do leite pasteurizado integral comercializado na cidade de Feira de Santana-BA 91

Mona Liza Santana Santa Rosa Macêdo, Damari Gileno Figueiredo Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-419-2.CAP.07

Capítulo 8: Avaliação do emprego de radiação catalítica ionizante na descontaminação de linhas e de cortes de frango em um abatedouro de aves 99

Bruna Paola Lesse Amorim, Cristiane Canan, Deisy Alessandra Drunkler

DOI: 10.36229/978-65-5866-419-2.CAP.08

Autores 107

Capítulo 1

Utilização de HPLC e dados quimiométricos para a análise de compostos antioxidantes de bananeiras brasileiras

Alessandra Regina Pepe Ambrozin
Astréa Filomena da Souza Silva
Elisangela Fabiana Boffo
Welton Rosa
Airton Damasceno Silva
Sônia Machado Rocha Ribeiro
Luiz Carlos Chamhum Salomão

Resumo: A banana é um dos frutos mais consumidos pela população mundial, sendo que a produção brasileira alcança o quarto lugar no mundo. Vários trabalhos na literatura demonstram diversas atividades biológicas para o fruto e outras partes da bananeira (*Musa* spp), dentre elas, pode-se citar antibacteriana, anticâncer, antifúngica, antitóxica e, especialmente, atividade antioxidante. Anteriormente, em nossas pesquisas sobre as atividades antioxidantes de extratos oriundos das partes vegetais da bananeira que transportam a seiva (engaço branco, engaço verde e bainha foliar), foram obtidos 12 extratos, os quais foram avaliados segundo a atividade antioxidante pelo ensaio de DPPH e conteúdo de fenólicos totais. Como os resultados obtidos foram bastante promissores e indicaram uma possível alternativa para o desenvolvimento de produtos alimentícios a partir da bananeira, foi realizado o presente trabalho, de identificação dos compostos bioativos por HPLC-DAD e também o uso dos dados cromatográficos para análise quimiométrica. A presença de ácido gálico (**1**), pirocatecol (**2**), ácido caféico (**3**), ácido vanílico (**4**), ácido siríngico (**5**) e ácido tânico (**6**) foi avaliada nos extratos, pois estes compostos já foram relatados em espécies de *Musa*. Os dados cromatográficos dos extratos e padrões foram analisados por PCA (*Principal Component Analysis*, análise por componentes principais) e PLS-DA (*Partial Least Squares Discriminant Analysis*, análise discriminatória por mínimos quadrados parciais). Os resultados mostraram que o pirocatecol (**2**) não está presente em nenhum dos extratos, enquanto que o ácido gálico (**1**) só não fazia parte da constituição química do engaço branco do cultivar Nanicão e os compostos **3-4** foram identificados em metade dos extratos. Por outro lado, os compostos **5-6** só foram identificados no extrato da bainha foliar do Nanicão. A presença do ácido gálico e de uma substância não identificada com $t_R \approx 10$ min foi relacionada à atividade antioxidante. A análise por PCA mostrou que, em geral, houve agrupamento dos extratos por cultivar ao invés de ser por parte vegetal, sendo que a análise por PLS-DA aumentou a discriminação entre as amostras. Desta forma, o presente trabalho conseguiu aprofundar sobre o conhecimento das substâncias antioxidantes da bananeira e sobre as diferenças entre os diferentes cultivares.

Palavras-chave: bananeira, atividade antioxidante, compostos bioativos, HPLC-DAD, Quimiometria.

1. INTRODUÇÃO

A banana é o "fruto" de uma planta originária da Ásia meridional que pertence à família Musaceae. A bananeira pertence ao gênero *Musa*, que inclui cerca de 50 espécies de plantas. Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a produção brasileira de bananas é a quarta maior no *ranking* mundial, alcançando 7 milhões de toneladas na safra de 2021/2022, atrás somente da Índia, China e Indonésia.

Várias atividades biológicas têm sido descritas para diferentes partes da Bananeira. Na revisão de Gervásio & Bartitucci (2023), eles destacam as atividades antibacteriana, anticâncer, antifúngica e antitóxica. A atividade antioxidante também é citada com importante para o gênero *Musa*.

Vários outros trabalhos também apontam a atividade antioxidante do gênero *Musa* (Adinarayana & Babu, 2011; Baskar et al., 2011; Bennett et al., 2010; Jain et al., 2011; Vijayakumar et al., 2008). No nosso capítulo anterior (Rosa et al., 2024), avaliamos a atividade antioxidante dos extratos metanólicos aquosos do engaço branco, engaço verde e bainha foliar dos cultivares de bananeira Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã. Os extratos, em geral, apresentaram atividades antioxidantes promissoras, sendo a mais alta observada para o extrato oriundo do engaço verde do cultivar Maçã.

Várias substâncias já foram identificadas em bananeira, mas especificamente sobre os metabólitos secundários, existem, por exemplo, os trabalhos de Del Rio et al. (2006), Oliveira et al. (2005, 2006, 2008) e Otálvaro et al. (2002) e a revisão de literatura de Gervásio & Bartitucci (2023), que aponta os compostos mais comuns presentes na bananeira, a citar: flavonoides, fenóis, taninos e alcaloides. Os últimos autores afirmam que a atividade antioxidante esteja relacionada com as substâncias químicas presentes na bananeira.

Como as atividades antioxidantes de quatro bananeiras foram determinadas em nosso trabalho (Rosa et al., 2024), propusemos então a realização do presente trabalho, que visou identificar as substâncias bioativas dos extratos de bananeiras brasileiras (cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã), utilizando HPLC-DAD e quimiometria.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. OBTENÇÃO DOS EXTRATOS VEGETAIS

Os extratos vegetais foram obtidos em diferentes misturas de metanol:água, utilizando-se a extração por maceração, à temperatura ambiente, durante aproximadamente 16 h. A relação entre massa vegetal e volume de solvente extrator foi de 1:20. Após o processo de extração sólido-líquido, o solvente foi evaporado em rotaevaporador e o resíduo resuspendido em 5 mL da mistura de solventes utilizada para o preparo do extrato. A solução resultante foi chamada de extrato.

Mais detalhes sobre o procedimento realizados estão descritos em nosso capítulo anterior (Rosa et al., 2024).

2.2. ANÁLISES POR HPLC

Os extratos, as soluções metanólicas padrão de ácido gálico, pirocatecol, ácido caféico, ácido vanílico, ácido siríngico e ácido tânico e outras amostras oriundas dos extratos foram analisados em cromatógrafo líquido analítico HPLC *Agilent 1260 Infinity* com auto-

amostrador e detector por arranjo de diodos, pertencente à infraestrutura do Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

O metanol utilizado nas análises cromatográficas foi de grau HPLC da marca Baker. A solução aquosa de ácido fórmico (5 %, v/v) foi preparada com ácido fórmico comercial e água Milli-Q. Ambas fases móveis foram filtradas em membranas de PTFE de 0,45 μm, antes de serem utilizadas.

Os padrões utilizados nas análises de HPLC (ácido gálico, pirocatecol, ácido caféico, ácido vanílico, ácido siríngico e ácido tânico) foram de grau analítico de diferentes marcas. Ácido siríngico, ácido vanílico e ácido caféico foram adquiridos da marca Sigma-Aldrich; Pirocatecol foi adquirido da Merck; e Ácido gálico e ácido tânico foram adquiridos da Riedel-de haén ag e b-Herzog, respectivamente.

Todos os extratos e soluções padrão foram analisados sob as mesmas condições cromatográficas. Tais condições foram estabelecidas após otimizações realizadas na metodologia descrita por De Ascensao & Dubery (2003).

As condições cromatográficas estão descritas a seguir:

Volume de injeção: 20 μL (auto-injetor);

Coluna cromatográfica: C-18 (4,6 mm x 25 cm), com partículas de 5 μm e coluna guarda de mesmo recheio;

Detector: Arranjo de diodos, operando a 220, 280 e 320 nm, simultaneamente, e fazendo varredura de 190-600, com resolução de 2 nm.

Todas as análises foram realizadas com gradiente de eluição. Inicialmente, sob as condições cromatográficas descritas anteriormente, foram realizadas análises dos extratos dos engaços brancos dos quatro cultivares de bananeira e de uma mistura 250 ppm dos padrões ácido gálico, pirocatecol e ácido tânico, utilizando-se o gradiente de eluição descrito por De Ascensao & Dubery (2003). Entretanto, através da análise dos cromatogramas obtidos, verificou-se a necessidade de otimização do gradiente. A Tabela 1 descreve o gradiente otimizado, que foi utilizado na análise de todas as amostras.

Tabela 1. Gradiente de eluição utilizado nas análises cromatográficas

t (min)	% A (MeOH)	% B (Ácido fórmico, 5 %)
0	5	95
9	10	90
20	40	60
35	5	95

2.2.1. OBTENÇÃO DO PERFIL CROMATOGRÁFICO DOS EXTRATOS VEGETAIS

Os 12 extratos de bananeira foram analisados sob as condições cromatográficas descritas anteriormente para obtenção dos seus perfis cromatográficos. Nas mesmas condições, foram analisadas soluções padrão 1.000 ppm de ácido gálico, pirocatecol, ácido caféico, ácido vanílico, ácido siríngico e ácido tânico a fim de se obterem os respectivos tempos de retenção. Preparou-se e analisou-se também uma mistura, que foi denominada “mix” de padrões, com os 6 padrões na concentração de 10 ppm. Os extratos também foram analisados com adição do “mix” de padrões, em uma técnica chamada de *spike* (Lanças,

2009). Cabe ressaltar que todos os cromatogramas apresentados no presente trabalho foram obtidos a 280 nm.

2.3. ANÁLISE QUIMIOMÉTRICA DOS DADOS CROMATOGRÁFICOS

Os cromatogramas obtidos durante as análises descritas na seção 2.2 foram exportados como dados no formato ASCII e abertos no programa Microsoft Excel para a construção da matriz. Posteriormente, a matriz foi transportada no programa Origin. Cada linha da matriz consistia em um padrão ou extrato, enquanto as colunas da matriz eram os valores de unidades de absorbância (a 280 nm) obtidos para cada amostra. Cabe ressaltar que os valores de unidades de absorbância (UA) entre 0-4,5 min, 6,6-9,1 min, 13,8-17,8 min e 25,0-35,0 min foram excluídos, sendo que os valores de UA foram obtidos em intervalo de 0,1 min. Assim, a matriz inicialmente construída consistia em 18 linhas e 144 colunas. Posteriormente, outras variáveis foram excluídas de forma a otimizar as análises estatísticas.

As análises quimiométricas foram realizadas pela profa. Dr. Elisangela F. Boffo, do Departamento de Química da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Os dados cromatográficos foram analisados no programa Piourette® (versão 4.0). Realizou-se a análise por componentes principais (PCA, *Principal Component Analysis*) e análise discriminatória por mínimos quadrados parciais (PLS-DA, *Partial Least Squares Discriminant Analysis*).

2.3.1. PCA DOS DADOS CROMATOGRÁFICOS

Após otimização dos parâmetros pela análise das PCAs obtidas, a análise por PCA dos extratos foi obtida utilizando-se seleção de variáveis, autoescalamento, norma 1 e primeira derivada (5 pontos).

2.3.2. PLS-DA DOS DADOS CROMATOGRÁFICOS

Como o método PCA pode não ser o mais adequado quando a característica de interesse não é a principal fonte de variabilidade (Mannina et al., 2012), esta característica pode ser mascarada no PCA. Neste caso, a aplicação de técnicas de análise supervisionada é geralmente necessária. Assim, foi realizada a análise por PLS-DA dos dados cromatográficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. ANÁLISE DOS EXTRATOS POR HPLC-DAD

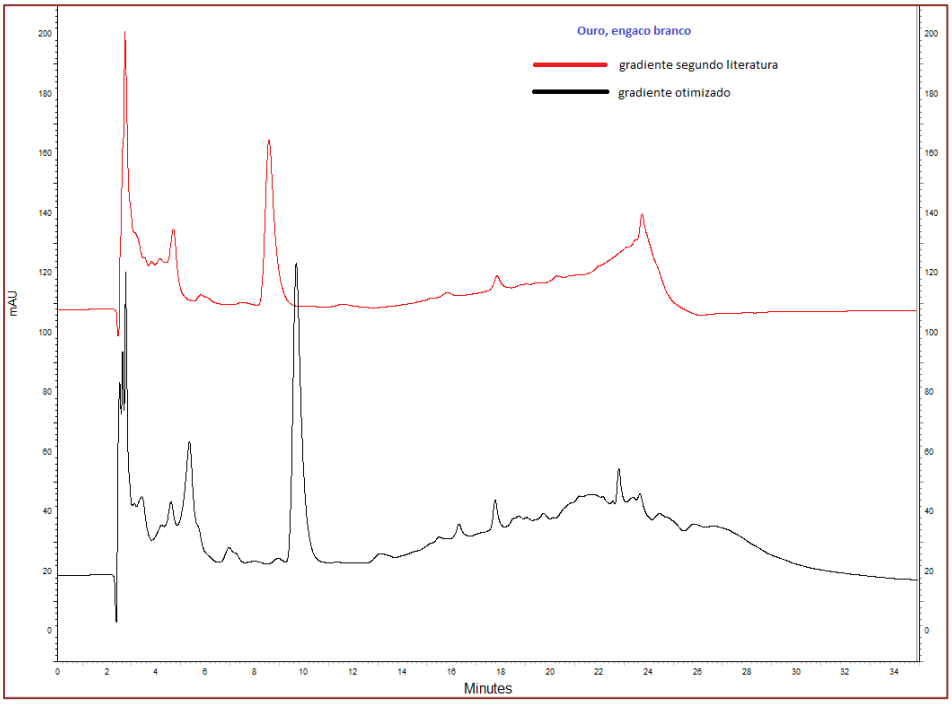
A fim de analisar a composição química dos 12 extratos vegetais oriundos do engaço branco, engaço verde e bainha foliar dos cultivares de bananeira Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã, utilizou-se a técnica da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE ou HPLC, *High Performance Liquid Chromatography*), utilizando-se coluna de fase reversa e detector por arranjo de diodos (DAD, *Diode Array Detector*).

Decidiu-se utilizar como base para o início do trabalho o artigo De Ascensao & Dubery (2003). Isto porque o mesmo descrevia um método cromatográfico que utilizava ácido fórmico como um dos componentes da fase móvel, que é um ácido orgânico amplamente

disponível nos laboratórios de química, e metanol como o componente orgânico da fase móvel, ao invés de acetonitrila, que possui um custo mais elevado. Além disso, um dos fatores mais importante para a decisão de se iniciar a análise utilizando-se as condições descritas em De Ascensao & Dubery (2003) foi a resolução dos picos nos cromatogramas obtidos. Entretanto, o gradiente precisou ser otimizado para a melhor resolução dos picos.

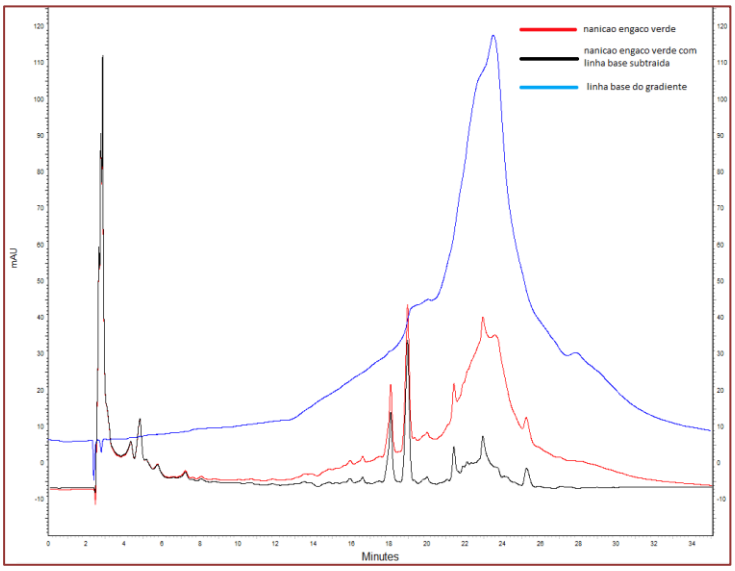
Desta forma, aumentou-se a porcentagem de água no início do gradiente, visando tornar a fase móvel mais fraca, ou seja, com força eluotrópica menor, para que os componentes mais polares, que eram eluídos no começo da "corrida" cromatográfica, pudessem ser melhor separados. Além disso, decidiu-se diminuir a taxa do gradiente após 20 min de "corrida", ou seja, tornar a taxa de variação da composição da fase móvel com o tempo, menor. Para isso, aumentou-se o tempo de análise para 35 minutos (Tabela 1). O objetivo também era de melhorar a resolução, só que no final da "corrida" cromatográfica. A Figura 1 mostra que houve considerável aumento de resolução dos picos. Para se verificar melhor esse aumento de resolução obtido, na Figura 1, são comparados os cromatogramas para uma mesma amostra (extrato do engaço branco do cultivar Ouro) analisada pelos dois gradientes citados. Observa-se que a aumenta-se muito a resolução na parte inicial do cromatograma com o uso do gradiente otimizado.

Figura 1. Comparação entre os cromatogramas obtidos para o extrato do engaço branco do cultivar Ouro, utilizando-se o gradiente descrito por De Ascensao & Dubery (2003) e o gradiente de eluição otimizado



Após as otimizações das condições cromatográficas, todos os 12 extratos foram analisados por HPLC visando a obtenção dos seus respectivos perfis cromatográficos. Cabe ressaltar que todos os cromatogramas mostrados foram subtraídos do gradiente. Isto porque a mudança na composição do solvente, com o consequente aumento da porcentagem de metanol, faz com que a linha base se eleve, devido à maior absorção no UV-Vis da fase móvel que contém uma maior porcentagem de metanol. Como pode ser visto pela Figura 2 para o extrato do engaço verde do cultivar Nanicão, a subtração aumenta consideravelmente a sensibilidade e a resolução da grande maioria dos picos do cromatograma.

Figura 2. Cromatogramas do extrato do engaço verde do cultivar Nanicão, com e sem subtração do gradiente



3.1.1. ANÁLISE DOS EXTRATOS ORIUNDOS DA MESMA PARTE VEGETAL DOS DIFERENTES CULTIVARES

A fim de se comparar o perfil cromatográfico da mesma parte vegetal dos diferentes cultivares, realizou-se a sobreposição dos cromatogramas obtidos para o engaço branco dos 4 cultivares (Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã) (Figura 3), sendo que o mesmo foi realizado para o engaço verde (Figura 4) e para a bainha foliar (Figura 5). Cabe ressaltar que tais considerações são visuais e que, a melhor diferenciação entre os cultivares, é mais adequadamente realizada através da análise quimiométrica dos dados cromatográficos, com o uso, por exemplo, de PCA (*Principal Components Analysis*).

Figura 3. Cromatogramas sobrepostos dos extratos dos engaços brancos dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã

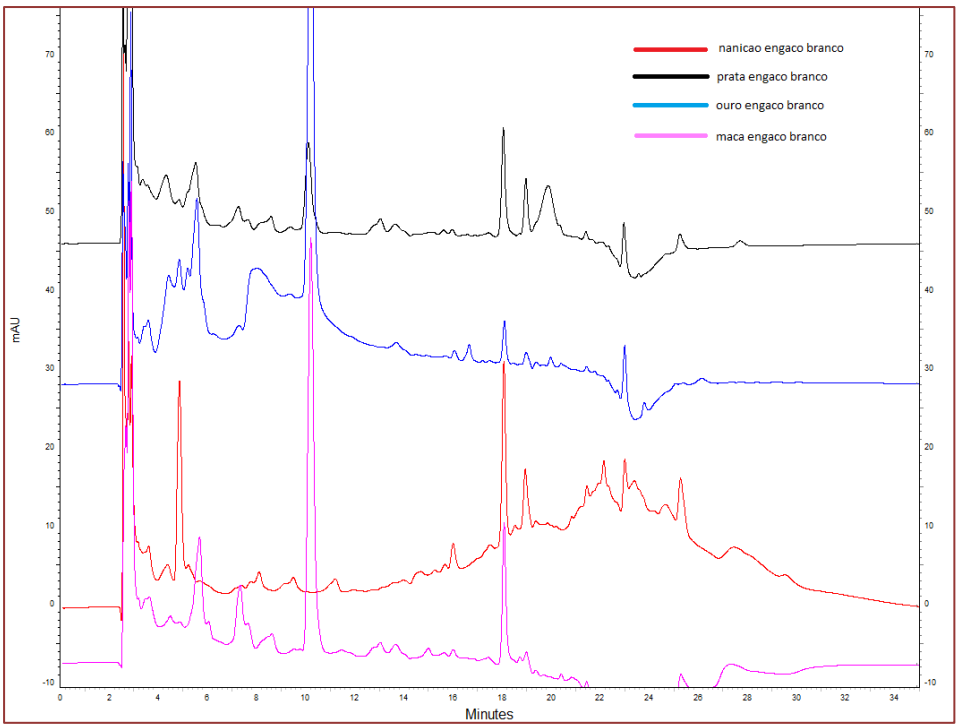


Figura 4. Cromatogramas sobrepostos dos extratos dos engaços verdes dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã

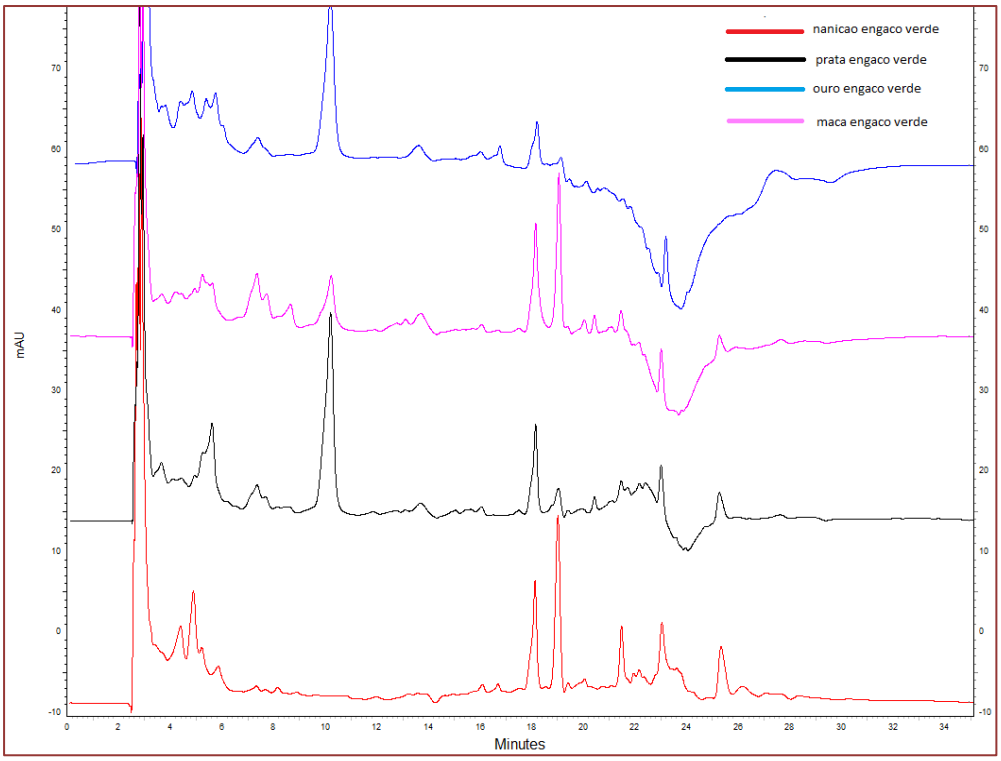
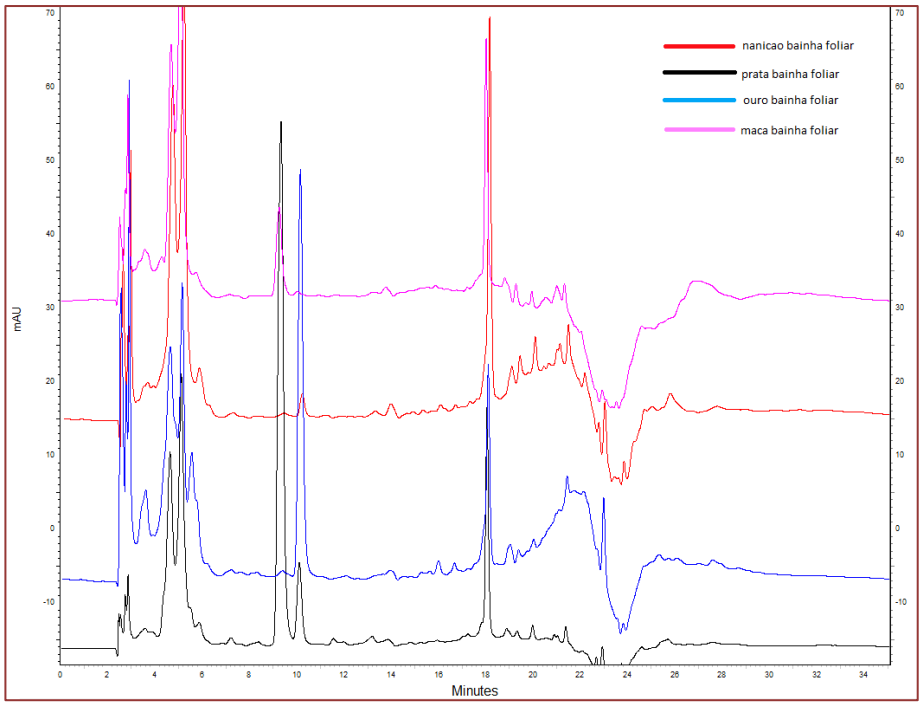


Figura 5. Cromatogramas sobrepostos dos extratos das bainhas foliares dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã



Pela Tabela 2 fica mais fácil verificar que os cultivares Prata Anã e Maçã apresentam o mesmo perfil dos picos destacados, enquanto os cultivares Nanicão e Ouro, só diferem pelo pico em 10 minutos, que está ausente nos engaços branco e verde do Nanicão. Tais resultados são interessantes na medida em que mostram uma possível relação entre a composição química dos extratos e os grupos genômicos aos quais pertencem os cultivares, ou seja, os cultivares pertencentes ao mesmo grupo AAB (Prata Anã e Maçã) tiveram cromatogramas muito similares aos picos destacados, enquanto o Nanicão (AAA) e o Ouro (AA) se diferenciaram um pouco, talvez por um ser um triplóide e o outro ser um diplóide.

Tabela 2. Picos destacados nos cromatogramas dos extratos oriundos do engaço branco, engaço verde e bainha foliar dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã

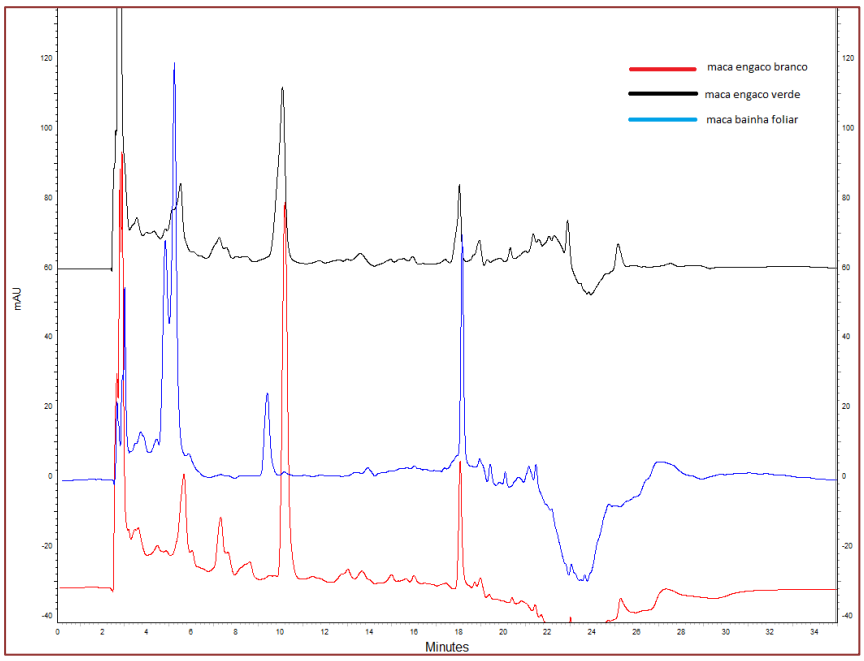
Cultivar, parte vegetal	t_R = 9 min	t_R = 10 min	t_R = 18 min	t_R = 19 min
Nanicão, engaço branco	-	-	+	+
Nanicão, engaço verde	-	-	+	+
Nanicão, bainha foliar	-	+	+	-
Prata anã, engaço branco	-	+	+	+
Prata anã, engaço verde	-	+	+	+
Prata anã, bainha foliar	+	+	+	-
Ouro, engaço branco	-	+	+	+
Ouro, engaço verde	-	+	+	+
Ouro, bainha foliar	-	+	+	-
Maçã, engaço branco	-	+	+	+
Maçã, engaço verde	-	+	+	+
Maçã, bainha foliar	+	+	+	-

* + = tem; - = não tem

3.1.2. ANÁLISE DOS EXTRATOS ORIUNDOS DAS DIFERENTES PARTES VEGETAIS DOS MESMOS CULTIVARES

Com o objetivo de se comparar o perfil cromatográfico das diferentes partes vegetais do mesmo cultivar, realizou-se a sobreposição dos cromatogramas obtidos para o engaço branco, o engaço verde e a bainha foliar do cultivar Maçã (Figura 6); o mesmo foi realizado para o cultivar Prata Anã, para o cultivar Ouro e para o cultivar Nanicão.

Figura 6. Cromatogramas sobrepostos dos extratos do engaço branco, engaço verde e bainha foliar do cultivar Maçã



Como os picos em 9, 10, 18 e 19 minutos, destacam-se nos cromatogramas, eles foram selecionados para uma análise mais detalhada. Na Tabela 3 são apresentadas as % relativas entre os picos, ou seja, realizou-se uma normalização, considerando-se somente as áreas dos 4 picos. Isto foi feito somando-se todas as áreas e dividindo-se cada uma delas pela área total obtida. Os valores obtidos, portanto, somam 100 %.

Tabela 3. Composição relativa entre os picos ≈ 9, 10, 18 e 19 minutos dos diferentes extratos vegetais

	Picos com t_R			
Cultivar, parte vegetal	**9 min**	**10 min**	**18 min**	**19 min**
Nanicão, engaço branco	0,0	0,0	71,1	28,9
Nanicão, engaço verde	0,0	0,0	39,3	60,7
Nanicão, bainha foliar	0,0	0,0	93,5	6,5
Prata anã, engaço branco	0,0	47,1	36,7	16,2
Prata anã, engaço verde	0,0	29,8	33,8	36,4
Prata anã, bainha foliar	73,8	9,3	15,9	1,0
Ouro, engaço branco	0,0	97,6	1,7	0,7
Ouro, engaço verde	0,0	84,5	15,5	0,0
Ouro, bainha foliar	0,0	72,7	27,3	0,0
Maçã, engaço branco	0,0	82,9	17,1	0,0
Maçã, engaço verde	0,0	75,4	19,8	4,8
Maçã, bainha foliar	42,6	0,0	57,4	0,0

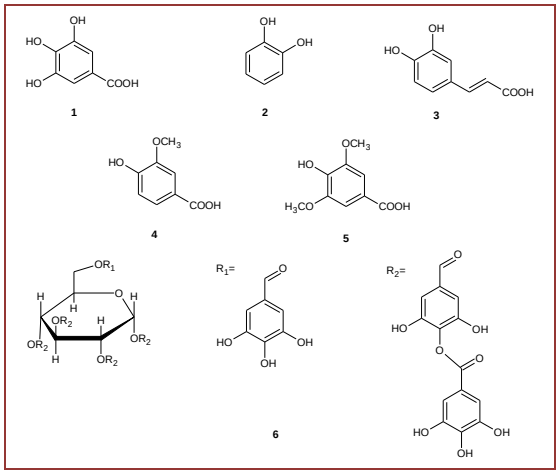
A partir dos dados das Tabelas 3 e dos resultados de atividade antioxidante apresentados no capítulo de Rosa et al. (2024), pode-se inferir que o composto que dá origem ao pico ≈ 10 minutos parece ser essencial à atividade antioxidante, pois, por exemplo, verifica-se que o cultivar Nanicão, que não possui tal pico, apresentou baixas atividades antioxidantes para todos os seus extratos das diferentes partes vegetais. O mesmo pode ser verificado para o extrato da bainha foliar do cultivar Maçã. Dentre os extratos desse cultivar, apenas os extratos dos engaços branco e verde, que foram ativos, continham o composto que dá origem ao pico em 10 minutos, enquanto o extrato da bainha foliar, inativo, não continha. Tal extrato contém um outro pico mais intenso em ≈ 9 min, mas como o extrato não foi ativo, pode-se sugerir que o composto que gere tal pico não tenha influência significativa sobre a atividade biológica estudada. Em relação aos compostos que originam os picos em ≈ 18 e 19 minutos, é mais complicado observar alguma relação direta com a atividade antioxidante, pois alguns extratos apresentaram aumento de atividade e outros extratos, diminuição, com o aumento destes picos. Entretanto, não se pode afirmar que os compostos que originam tais picos não sejam ativos bem como que o composto que origina o pico ≈ 10 min seja o único responsável pela atividade antioxidante dos extratos, pois, é possível que exista um sinergismo entre os compostos, o que é muito comum em misturas complexas tais como as existentes em extratos vegetais. Infelizmente, os picos em ≈ 9, 10, 18 e 19 minutos não foram identificados no presente trabalho, pois não eram oriundos de nenhum dos padrões selecionados.

3.2. ANÁLISE DOS PADRÕES POR HPLC-DAD

Realizou-se também a análise de alguns padrões de compostos fenólicos que, segundo a pesquisa bibliográfica realizada, ocorrem em bananeira [ácido gálico (**1**), pirocatecol (**2**), ácido caféico (**3**), ácido vanílico (**4**), ácido siríngico (**5**) e ácido tânico (**6**); estruturas ilustradas na Figura 7]. Eles foram analisados em soluções (1.000 ppm) separadamente para aquisição dos seus respectivos tempos de retenção, em um "mix" de padrões, nas concentrações de 10 ppm, a fim de se determinar se havia co-eluição e também o "mix" de

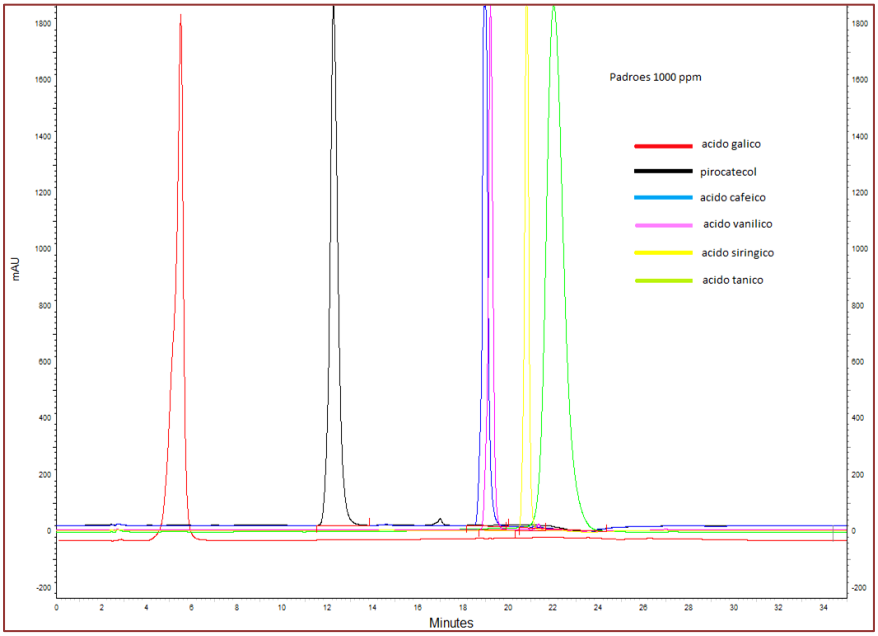
padrões foi adicionado a cada amostra individualmente, o que é chamado de *spike*, com o objetivo de se confirmar a identificação dos mesmos nas amostras (Lanças, 2009).

Figura 7. Estruturas químicas dos compostos fenólicos analisados nos extratos de bananeira



Os cromatogramas sobrepostos obtidos para as soluções padrão estão mostrados na Figura 8. Observa-se por tal cromatograma que a ordem de eluição foi: ácido gálico, pirocatecol, ácido caféico, ácido vanílico, ácido siríngico e ácido tânico. Os dois últimos pares de ácidos apresentaram tempos de retenção muito próximos (Tabela 4) e são co-eluídos no "mix" de padrões.

Figura 8. Cromatogramas sobrepostos dos padrões **1**-**6** a 1.000 ppm



Na Tabela 4 estão resumidos os tempos de retenção e os comprimentos de onda (λ_{max}) para todos os padrões analisados.

Tabela 4. Tempos de retenção e absorções máximas dos padrões analisados

Composto	t_R (min)	λ_{max} (nm)
Ácido gálico (**1**)	5,4	272
Pirocatecol (**2**)	12,0	276
Ácido caféico (**3**)	18,9	320
Ácido vanílico (**4**)	19,2	270
Ácido siríngico (**5**)	20,8	274
Ácido tânico (**6**)	22,0	278

3.2.1. ANÁLISE DOS EXTRATOS COM "SPIKE" DO "MIX" CONSTITUÍDO PELOS 6 PADRÕES

Além da análise por HPLC-DAD dos 12 extratos vegetais, também foram analisados todos os 12 extratos vegetais após adição de 10 ppm de uma mistura constituída pelos padrões de ácido gálico (**1**), pirocatecol (**2**), ácido caféico (**3**), ácido vanílico (**4**), ácido siríngico (**5**) e ácido tânico (**6**). Está técnica de adição de uma dada substância a uma amostra a qual se suspeita que possua a mesma identidade de tal substância, chama-se *spike* e consiste na observação do aumento (ou não) da intensidade do pico da substância a ser identificada na amostra. Ela serve, portanto, para auxiliar na identificação de um dado composto. Juntamente com a comparação dos tempos de retenção, o *spike* pode ser mais uma evidência da identidade de uma substância (Lanças, 2009).

A partir da observação visual dos cromatogramas sobrepostos, pode-se apenas se inferir sobre a presença ou não de determinado composto. Alguns cromatogramas mostraram que, sem dúvida, certa substância estava presente, como é o caso dos cromatogramas da Figura 9, que mostravam, com bastante clareza, a presença do ácido gálico (**1**) no engaço branco do cultivar Maçã. Entretanto, em alguns casos, devido à baixa intensidade do pico ou mesmo ao fato de que ácido caféico (**3**) co-elui com ácido vanílico (**4**) bem como o ácido siríngico (**5**) co-eluir com o ácido tânico (**6**), ficava difícil determinar qual dos ácidos estava presente. Este foi o caso, por exemplo, do extrato da bainha foliar do cultivar Nanicão (Figura 10), no qual se supôs que tanto o ácido **5** quanto o **6** estavam presentes.

Figura 9. Cromatogramas sobrepostos do extrato do engaço branco do cultivar Maçã sem e com a adição do "mix" de padrões

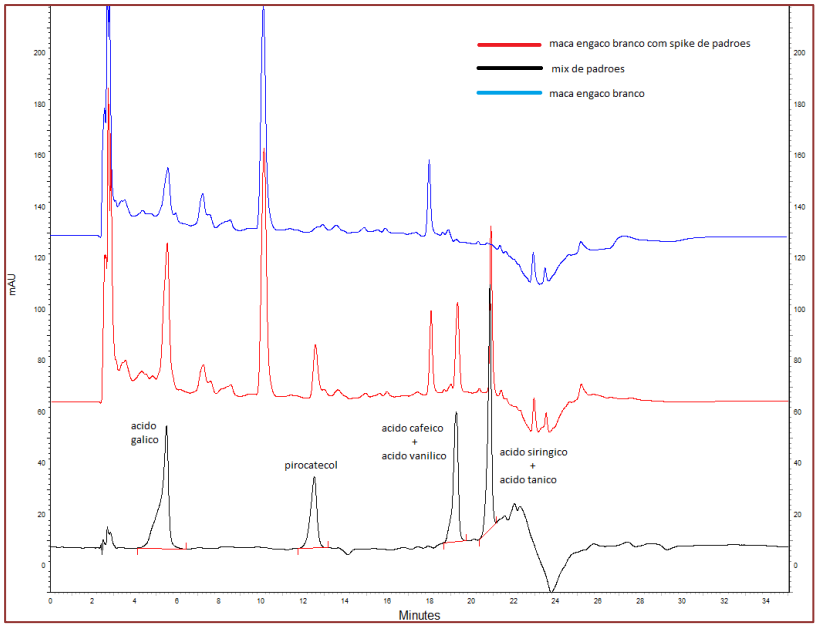
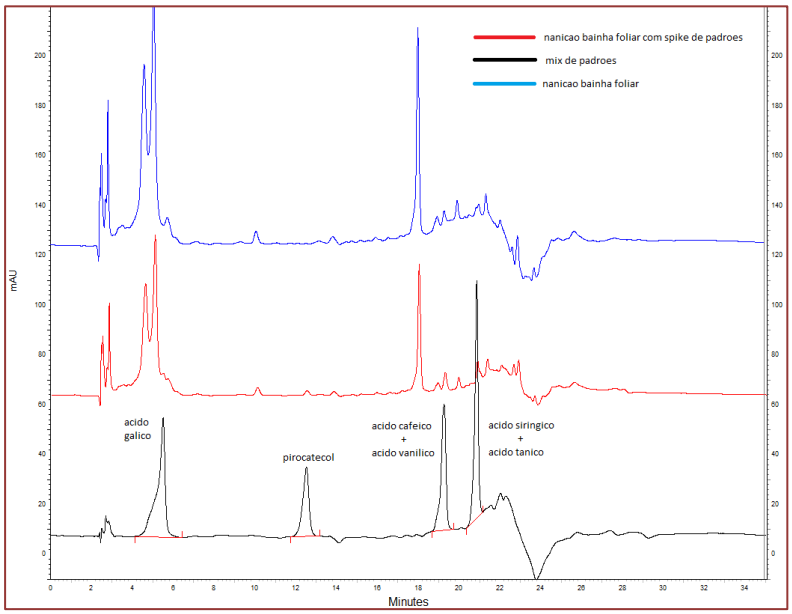


Figura 10. Cromatogramas sobrepostos do extrato da bainha foliar do cultivar Nanicão sem e com a adição do "mix" de padrões



A Tabela 5 foi elaborada para que se pudesse visualizar uma tendência em relação às partes vegetais ou aos cultivares da presença dos padrões **1**-**6**. Os dados de tal tabela indicam que o pirocatecol (**2**) não estava presente em nenhum dos extratos, enquanto que o ácido gálico (**1**) só não fazia parte da constituição química do engaço branco do cultivar Nanicão. Como discutido anteriormente, foi significativamente mais difícil distinguir os compostos **3**-**4** e **5**-**6**, devido aos seus tempos de retenção serem muito próximos e aos mesmos co-eluírem quando na mistura dos padrões (**1**-**6**). De qualquer forma, os

compostos **5**-**6** só foram identificados no extrato da bainha foliar do Nanicão, enquanto os compostos **3**-**4** foram identificados em metade dos extratos.

Tabela 5. Padrões (**1**-**6**) identificados nos cromatogramas dos extratos oriundos do engaço branco, engaço verde e bainha foliar dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã

Cultivar, parte vegetal	1	2	3	4	5	6
Nanicão, engaço branco	-	-	-	-	-	-
Nanicão, engaço verde	+	-	+	+	-	-
Nanicão, bainha foliar	+	-	+	+	+	+
Prata anã, engaço branco	+	-	+	+	-	-
Prata anã, engaço verde	+	-	+	+	-	-
Prata anã, bainha foliar	+	-	-	-	-	-
Ouro, engaço branco	+	-	-	-	-	-
Ouro, engaço verde	+	-	-	-	-	-
Ouro, bainha foliar	+	-	+	+	-	-
Maçã, engaço branco	+	-	+	+	-	-
Maçã, engaço verde	+	-	+	+	-	-
Maçã, bainha foliar	+	-	+	+	-	-

* + = tem; - = não tem

Com o objetivo de se correlacionar a presença dos compostos fenólicos padrão (**1**-**6**) em um extrato vegetal com a atividade antioxidante (Rosa et al., 2024)), elaborou-se a Tabela 6. Nesta tabela são apresentadas as % relativas entre os picos, ou seja, realizou-se uma normalização, considerando-se somente as áreas dos picos presentes. Isto foi feito somando-se todas as áreas e dividindo-se cada uma delas pela área total obtida. Os valores obtidos, portanto, somam 100 %. Vale ressaltar que, em alguns casos, o composto foi identificado visualmente no extrato (Tabela 5), mas não teve o seu pico integrado. Isto ocorreu por algumas razões, mas, principalmente, pelo fato do pico estar numa região mal resolvida do cromatograma, o que não permitia a integração correta da área sob tal pico, ou mesmo pelo pico ter baixíssima intensidade, podendo ser confundido com o ruído.

Tabela 6. Composição relativa entre os picos dos compostos fenólicos padrão (**1**-**6**) dos diferentes extratos vegetais

	Padrões					
Cultivar, parte vegetal	1	2	3	4	5	6
Nanicão, engaço branco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nanicão, engaço verde	0,0	0,0	50,0	50,0	0,0	0,0
Nanicão, bainha foliar	0,0	0,0	52,1	47,9	0,0	0,0
Prata, engaço branco	43,0	0,0	57,0	0,0	0,0	0,0
Prata, engaço verde	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Prata, bainha foliar	0,0	0,0	55,5	44,5	0,0	0,0
Ouro, engaço branco	97,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0
Ouro, engaço verde	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ouro, bainha foliar	84,4	0,0	15,6	0,0	0,0	0,0
Maçã, engaço branco	97,5	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0
Maçã, engaço verde	93,3	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0
Maçã, bainha foliar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A avaliação dos dados da Tabela 6 revela que, aparentemente, pode-se correlacionar a presença de ácido gálico (**1**) com a % A.A (atividade antioxidante), descrita em Rosa et al. (2024). De fato, extratos com porcentagem relativa de **1** maior que 93 %, tais como os extratos oriundos dos engaços branco e verde do cultivar Maçã e o extrato do engaço branco do cultivar Ouro, mostraram alta atividade antioxidante. Em relação à presença de ácido caféico (**3**) e ácido vanílico (**4**) não se consegue correlacionar a composição relativa dos mesmos com a % A.A. Isto é verdade quando se comparam, por exemplo, as atividades dos extratos da bainha foliar do cultivar Prata Anã e do engaço verde do Nanicão, que apresentou porcentagens relativas de **3** e **4** em torno de 50 %, mas que têm atividades antioxidantes completamente diferentes. O extrato do engaço verde da Prata Anã, contendo 100 % de ácido caféico (**3**), considerando-se apenas a presença dos compostos **1**-**6**, tem alta % A.A., mas que, ainda, é menor que um extrato contendo alta porcentagem de ácido gálico (**1**). Este realmente parece ser mais ativo, pois o extrato do engaço branco do cultivar Prata Anã, que contém além do ácido caféico (**3**), 43 % de ácido gálico (**1**), possui atividade antioxidante maior do que o extrato que contém apenas ácido caféico (**3**). A maior atividade antioxidante de extratos com maior porcentagem de ácido gálico (**1**) ou com este ácido na sua composição está de acordo com dados descritos em literatura. No trabalho de Soobrattee et al. (2005), por exemplo, foram avaliadas as capacidades antioxidantes de vários compostos fenólicos (flavonóides, ácidos fenólicos, etc) através de diferentes ensaios (TEAC, *Trolox equivalent antioxidant capacity*; FRAP, *ferric reducing antioxidant power*; capacidade "sequestrante" de hipocloreto, *hypochlorite scavenging capacity*; método da desoxiribose, *deoxyribose method*; e, ensaios de oxidação do DNA dependente de cobre-fenatrolina, *copper-phenanthroline-dependent DNA oxidation assays*). Em tal trabalho, determinou-se que, apesar dos ácidos fenólicos serem os compostos menos ativos dentre os testados, o ácido gálico (**1**) foi o mais ativo dentre os ácidos fenólicos simples avaliados. Neste mesmo trabalho, verificou-se que o ácido caféico (**3**) também possui um certo potencial antioxidante, que é intermediário a de outros ácidos hidroxicinâmicos. Cabe ressaltar que os ácidos fenólicos podem ser divididos em dois grupos: derivados do ácido hidroxibenzóico e derivados do ácido hidroxicinâmico. Os ácidos hidroxibenzóicos incluem os ácidos gálico (**1**), *p*-hidroxibenzóico, protocatecuico, vanílico (**4**) e siríngico (**5**), e têm estrutura comum, C6–C1, enquanto os ácidos hidroxicinâmicos incluem os ácidos caféico (**3**), ferúlico, *p*-cumárico e sináptico, sendo compostos aromáticos com três carbonos formando uma cadeia lateral (C6–C3) (Angelo & Jorge, 2007).

Isaac et al. (2009), ao avaliarem a atividade antioxidante e os compostos fenólicos de 37 extratos vegetais oriundos de diferentes plantas, identificaram e quantificaram os seguintes compostos fenólicos: ácido gálico (**1**), ácido vanílico (**4**), ácido siríngico (**5**), ácido caféico (**3**), ácido 2,5-diidroxicinâmico, ácido rosmarínico e ácido *p*-cumárico. Observou-se que alguns extratos eram bastante ativos e que o extrato mais ativo não era o que continha maior quantidade dos 7 ácidos fenólicos identificados. Desta forma, acreditou-se que existiam outros compostos nos extratos que contribuíam também para a atividade antioxidante observada.

3.3. ANÁLISES QUIMIOMÉTRICAS DOS DADOS CROMATOGRÁFICOS DOS EXTRATOS

Foi realizada a análise quimiométrica dos dados cromatográficos obtidos para os padrões **1-6** e os extratos. Realizou-se análise por PCA, por HCA e por PLS-DA. As siglas utilizadas em tais análises são apresentadas na Tabela 7.

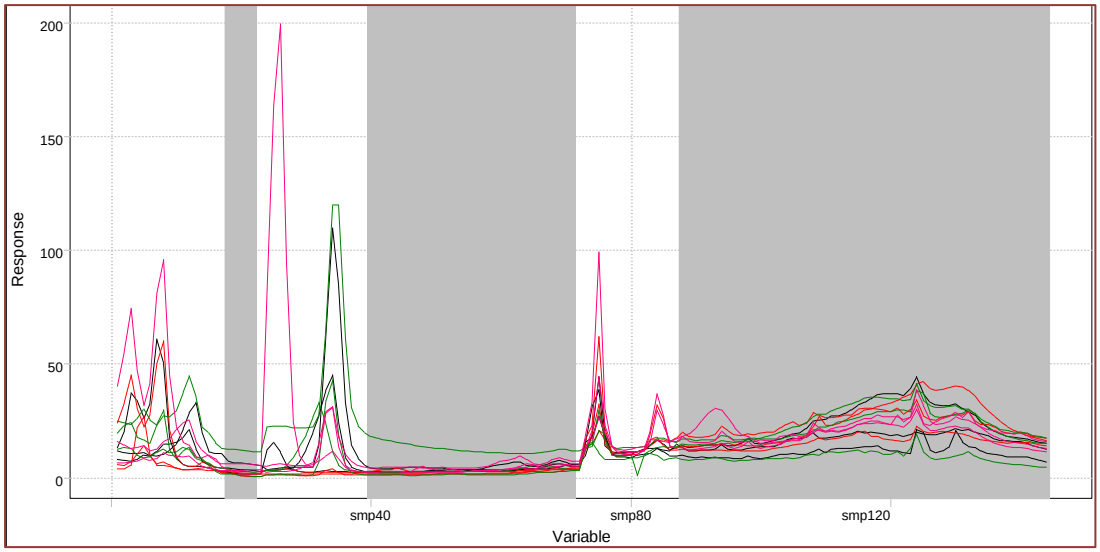
Tabela 7. Siglas dos padrões e amostras utilizadas nas análises quimiométricas

Amostra	Sigla
Ácido siríngico	SIR
Ácido vanílico	VAN
Ácido caféico	CAF
Ácido gálico	GAL
Pirocatecol	PIR
Ácido tânico	TAN
Maçã, bainha foliar	MBF
Maçã, engaço branco	MEB
Maçã, engaço verde	MEV
Nanicão, bainha foliar	NBF
Nanicão, engaço branco	NEB
Nanicão, engaço verde	NEV
Ouro, bainha foliar	OBF
Ouro, engaço branco	OEB
Ouro, engaço verde	OEV
Prata Anã, bainha foliar	PBF
Prata Anã, engaço branco	PEB
Prata Anã, engaço verde	PEV

3.3.1. PCA E PLS-DA DOS DADOS CROMATOGRÁFICOS

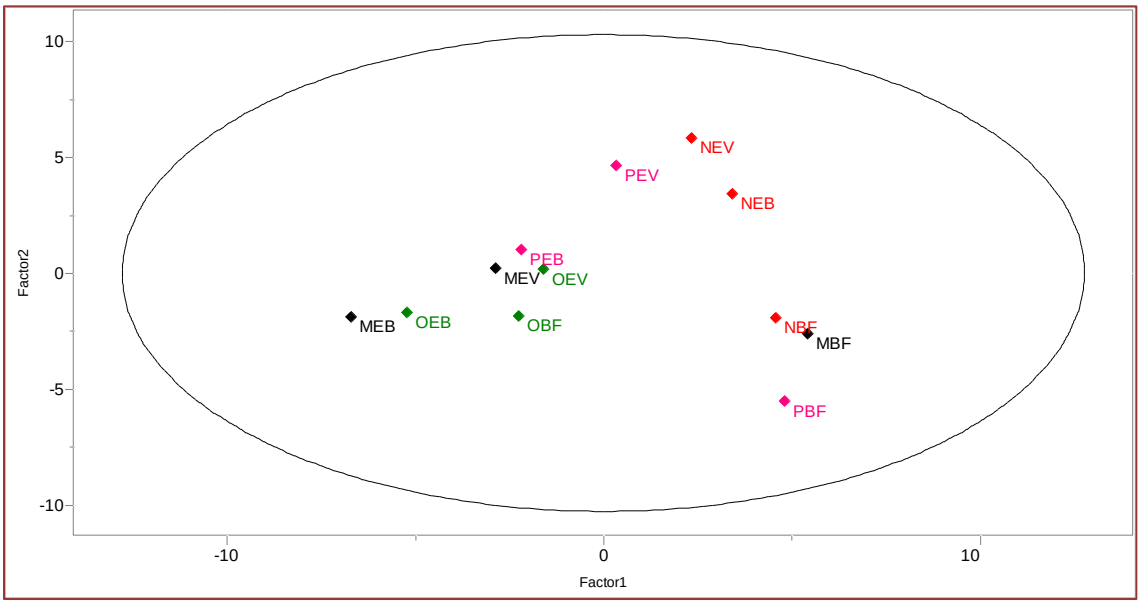
A análise por PCA dos extratos foi obtida utilizando-se seleção de variáveis, autoescalamento, norma 1 e primeira derivada (5 pontos). As transformações são funções matemáticas aplicadas às linhas da matriz, ou seja, aos dados correspondentes aos cromatogramas das amostras. A normalização para "norma um" significa que a área sob cada cromatograma foi considerada igual a um, enquanto a primeira derivada foi realizada em um intervalo de 5 pontos. A normalização foi utilizada para corrigir eventuais erros nas concentrações das amostras. Já a primeira derivada foi aplicada para corrigir possíveis distorções na linha de base. O pré-processamento é uma função aplicada às variáveis (Beebe, 1998), sendo que o autoescalamento é útil quando os constituintes minoritários são de interesse, pois oferece a mesma importância a todos os sinais do cromatograma. No entanto, é necessário que todas as regiões de ruídos sejam excluídas antes da sua aplicação, para que não seja dada a eles a mesma importância dos sinais. A seleção de variáveis é mostrada na Figura 11, as áreas cinzas correspondem às variáveis excluídas.

Figura 11. Seleção de variáveis da matriz inicial



Observa-se pelo gráfico de PC1 *vs* PC2 (Figura 12) que, em geral, houve agrupamento dos extratos por cultivar ao invés de ser por parte vegetal, ou seja, as três partes vegetais (engaço branco, verde e bainha foliar) de um mesmo cultivar se agruparam. Isto só não foi observado muito bem para o cultivar Maçã (MEB, MEV e MBF). Além disso, na Figura 12 também se pode observar uma certa tendência dos extratos das bainhas foliares em terem *scores* negativos. A PC1 descreveu 33,4 % da variância total, enquanto a PC2 descreveu 21,6 %; as duas somadas, portanto, expressam 55,0 % da informação original.

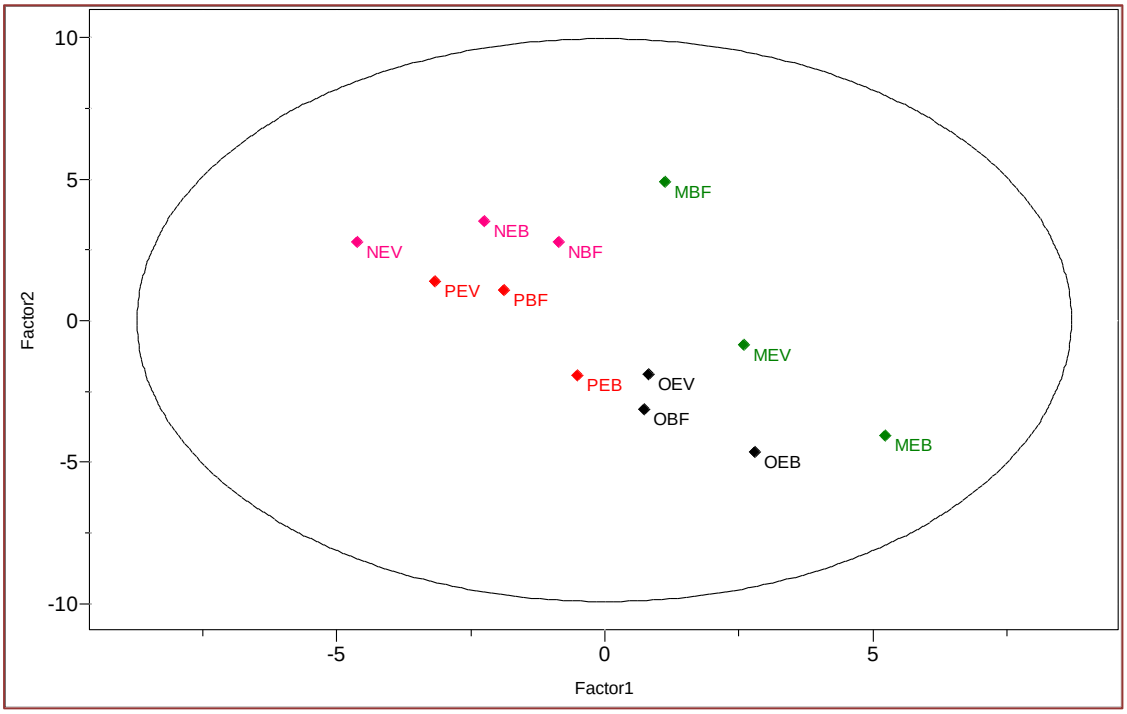
Figura 12. PC1 *vs* PC2 da matriz com dados cromatográficos selecionados



Desta forma, acredita-se que os dados cromatográficos e análise por PCA forneceram informações suficientes para identificar pequenas diferenças entre as amostras, que não

puderam ser distinguidas simplesmente pela visualização dos cromatogramas obtidos. Entretanto, um melhor resultado nas análises estatísticas poderia ser obtido se as medidas fossem realizadas em replicatas (no mínimo 3), o que melhoraria também o agrupamento das amostras. Além disso, segundo Mannina et al. (2012), o método PCA pode não ser o mais adequado quando a característica de interesse não é a principal fonte de variabilidade. Tal característica pode ser mascarada no PCA por outros fatores com maior variabilidade. Neste caso, a aplicação de técnicas de análise supervisionada é geralmente necessária. Assim, foi realizada a análise por PLS-DA dos dados cromatográficos, o que resultou em melhora significativa no agrupamento das amostras segundo o cultivar da bananeira (Figura 13).

Figura 13. PLS-DA dos dados cromatográficos obtidos para os extratos vegetais



4. CONCLUSÕES

A realização do presente trabalho permitiu identificar o ácido gálico como um dos compostos responsáveis pela atividade antioxidante dos extratos de bananeira. Além da importância desta substância, foi observada, pelas análises cromatográficas por HPLC-DAD, a presença de mais uma substância, com $t_R \approx 10$ min, que está associada à ação antioxidante. Infelizmente, essa substância não estava entre os padrões selecionados para o presente trabalho e não pode ser identificada. Entretanto, esperava-se identificar as substâncias padrões nos extratos, já que elas foram anteriormente descritas em bananeiras.

A análise quimiométrica por PCA e PLS-DA dos extratos permitiu que se verificasse, em geral, o agrupamento dos extratos segundo o tipo de cultivar, indicando que cada um deles tem uma composição química específica, que não pode ser detectada por simples inspeção visual dos cromatogramas.

Portanto, o presente contribuiu para a verificação da presença de substâncias antioxidantes nas bananeiras brasileiras, que, com certeza, é uma parte muito importante para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento do trabalho (PROCESSO Nº.: CEX - APQ-01823-10) e pela bolsa de iniciação científica concedida ao Welton Rosa.

REFERÊNCIAS

[1] Adinarayana, K.; Babu, A.P. "Anti-oxidant activity and cytotoxicity of ethanolic extracts from rhizome of *Musa acuminate*". *Natural Sci.*, **3**(4):291-294, 2011.

[2] Angelo, P.M.; Jorge, N. "Compostos fenólicos em alimentos - Uma breve revisão". *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, **66**(1): 232-240, 2007.

[3] Baskar, R.; Shrisakthi, S.; Sathyapriya, B.; Shyampriya, R.; Nithya, R.; Poongodi, P. "Antioxidant potential of peel extracts of banana varieties (*Musa sapientum*)". *Food and Nutrition Sciences*, **2**: 1128-1133, 2011.

[4] Beebe, K.R.; Pell, R.J.; Seasholtz, M.B. "Chemometrics: A Practical Guide". John Wiley & Sons Inc., Canada, 1998.

[5] Bennett, R.N.; Shiga, T.M.; Hassimotto, N.M.A.; Rosa, E.A.S.; Lajolo, F.M.; Cordenunsi, B.R. "Phenolics and antioxidant properties of fruit pulp and cell wall fractions of postharvest banana (*Musa acuminata* Juss.) cultivars". *J. Agric. Food Chem.*, **58**: 7991-8003, 2010.

[6] De Ascensao, A.R.F.D.C.; Dubery, I.A. "Soluble and wall-bound phenolics and phenolic polymers in *Musa acuminata* roots exposed to elicitors from *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*". *Phytochemistry*, **63**: 679-686, 2003.

[7] Del Rio, J.C.; Jiménez-Barbero, J.; Chávez, M.I; Politi, M.; Gutiérrez, A. "Phenylphenalenone type compounds from the leaf fibers of Abaca (*Musa textilis*)". *J. Agric. Food Chem.*, **54:** 8744-8748, 2006.

[8] Gervásio, S.V.; Batitucci, M. do C. P. "Revisão: atividades biológicas, antioxidante e fitoquímica de *Musa* spp". *Ciênc. rural (Online); **53**(12): e20220636, 2023.*

[9] Isaac, A. K.; Nancy, A.; Augustine, D.; Kofi, A. "Screening of some Ghanaian medicinal plants for phenolic compounds and radical scavenging activities". *PHCOG J.*, **1**(3): 201-206, 2005.

[10] Jain, P.; Bhuiyan, M.H.; Hossain, K.R.; Bachar, S.C. "Antibacterial and antioxidant activities of local seeded banana fruits*". Afr. J. Pharm. Pharmacol.*, **5**(11): 1398-1403, 2011.

[11] Lanças, F.M. "Cromatografia Líquida Moderna"**.** Ed. Átomo, 2009.

[12] Mannina, L.; Sobolev, A.P.; Capitani, D. "Applications of NMR metabolomics to the study of foodstuffs: truffle, kiwifruit, lettuce, and sea bass". *Electrophoresis*, **33**: 2290-2313, 2012.

[13] Oliveira, L.; Cordeiro, N.; Evtuguin, D.; Torres, I.C.; Silvestre, A.J.D. "Chemical composition of different morphological parts from 'Dwarf Cavendish' banana plant and their potential as a non-wood renewable source of natural products". *Ind. Crop. Prod.*, **26**: 163–172, 2007.

[14] Oliveira, L.; Freire, C.S.R.; Silvestre, A.J.D.; Cordeiro, N.; Torres, I.C.; Evtuguin, D. "Steryl glucosides from banana plant *Musa acuminata* Colla var *cavendish*".*Ind. Crop. Prod.*, **22**: 187–192, 2005.

[15] Oliveira, L.; Freire, C.S.R.; Silvestre, A.J.D.; Cordeiro, N.; Torres, I.C.; Evtuguin, D. "Lipophilic extractives from different morphological parts of banana plant 'Dwarf Cavendish'".*Ind. Crop. Prod.*, **23**: 201–211, 2006.

[16] Otálvaro, F.; Gorls, H.; Holscher, D.; lscherc, Schmitt, B.; Echeverri, F.; Quinones, W.; Schneider, B. "Dimeric phenylphenalenones from *Musa acuminata* and various Haemodoraceae species. Crystal

structure of anigorootin". *Phytochemistry*, **60**: 61-66, 2002.

[17] Rosa, W.; Pereira, R.C.G.; Silva, A.F.S.; Ribeiro, S.M.R.; Moreira,A.V.B.; Salomão, L.C.C.; Ambrozin, A.R.P. "Diferentes partes de cultivares brasileiros de bananeira como fontes de substâncias antioxidantes". Capítulo do livro "Ciência dos Alimentos: Pesquisa e Aplicações – Volume 2", Editora Poisson, 2024.

[18] Soobrattee, M.A.; Neergheen, V.S.; Luximon-Rammaa, A.; Aruomab, O.I.; Bahorun, T. "Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions". *Mutation Research*, **579**: 200-213, 2005.

[19] Vijayakumar, S.; Presannakumar, G.; Vijayalakshmi, N.R. "Antioxidant activity of banana flavonoids". *Fitoterapia*, **79**: 279-282, 2008.

Capítulo 2

Diferentes partes de cultivares brasileiros de bananeira como fontes de substâncias antioxidantes

Welton Rosa
Rafael César Gonçalves Pereira
Astréa Filomena da Souza Silva
Sônia Machado Rocha Ribeiro
Ana Vládia Bandeira Moreira
Luiz Carlos Chamhum Salomão
Alessandra Regina Pepe Ambrozin

Resumo: A bananeira (*Musa* spp) é uma planta pertencente à família Musaceae que produz frutos amplamente utilizados na alimentação humana. A produção brasileira de bananas é a quarta maior no *ranking* mundial, alcançando 7 milhões de toneladas na safra de 2021/2022. Todas as partes da bananeira têm sido usadas na medicina popular para os mais variados fins. Na literatura, existem vários trabalhos em relação à composição química de diferentes partes da bananeira, em diferentes estágios de maturação e de diferentes cultivares. A seiva (ou látex), por exemplo, é utilizada contra epilepsia, febres, hemorragias, disenteria, diarréia, cicatrização de feridas, prevenção à tuberculose, infecções pulmonares, como potente anestésico local, etc. A grande importância nutricional, social e econômica da banana, bem como o alto potencial biológico da bananeira são alguns dos fatores que motivaram o presente trabalho, que avaliou a atividade antioxidante e fenólicos totais de extratos obtidos por maceração em diferentes misturas de metanol e água a partir o eixo floral inserido no pseudocaule (engaço branco), a porção exposta ao ambiente (engaço verde) e a bainha foliar (partes vegetais pelas quais a seiva é transportada na bananeira) de diferentes espécimes dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã. Os resultados obtidos permitiram o estabelecimento das melhores condições de extração (relação massa vegetal/volume de solvente extrator, melhor mistura MeOH:H_2O de extração, etc) e determinação das atividades antioxidantes e fenólicos totais dos extratos vegetais das diferentes partes de diferentes cultivares de bananeiras brasileiras. A melhor relação entre a massa de vegetal a ser extraída e o volume de solvente foi de 1:20. Verificou-se que cada parte vegetal requer um determinado solvente extrator para que se consiga um extrato com maior atividade antioxidante, ou seja, para o engaço branco, o melhor solvente extrator foi a mistura MeOH:H_2O 7:3 (v/v); para o engaço verde, foi a mistura MeOH:H2O 9:1 (v/v); e, para a bainha foliar, a mistura MeOH:H_2O 6:4 (v/v) foi a melhor. Verificou-se que a bananeira Nanicão apresentou o menor potencial antioxidante, enquanto os demais cultivares apresentaram atividades similares, destacando-se a atividade do engaço verde do cultivar Maçã, como a mais alta de todas. A quantidade de fenólicos totais foi, em geral, diretamente proporcional à atividade antioxidante. Desta forma, o presente trabalho mostrou que além do fruto, a bananeira possui outras partes vegetais, com alto potencial antioxidante.

Palavras-chave: cultivares de Bananeira, atividade antioxidante, fenólicos totais, maceração.

1. INTRODUÇÃO

A bananeira é uma planta originária da Ásia meridional, de onde se difundiu para os continentes africanos e americanos. Ela pertence à família Musaceae e ao gênero *Musa*, que inclui mais de 50 espécies. O "fruto", conhecido como banana, é amplamente utilizado na alimentação humana, devido ao seu alto valor nutricional, sendo o quarto alimento mais produzido no mundo (depois do arroz, milho e trigo) (Ritasousa, 2024).

As bananeiras que produzem frutos comestíveis são da espécie *Musa acuminata* (genoma A) ou do seu cruzamento com *Musa balbisiana* (genoma B). Os grupos varietais agrupam cultivares de características semelhantes: Cavendish – grupo genômico AAA (Nanica, Nanicão, Grand Naine e Caipira); Ouro – grupo genômico AA (Ouro); Maçã – grupo genômico AAB (Maçã, Mysore, Thap Maeo e Figo) e Prata – grupo genômico AAB (Prata, Prata Anã, Pacovan, Branca e FHIA 01). É importante ressaltar que somente as variedades Prata, Prata Anã e Pacovan são responsáveis por aproximadamente 60 % da área cultivada de bananeiras no Brasil (De Oliveira e Silva et al., 2004). Ainda, segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a produção brasileira de bananas é a quarta maior no *ranking* mundial, alcançando 7 milhões de toneladas na safra de 2021/2022, atrás somente da Índia, China e Indonésia.

1.1. COMPOSTOS QUÍMICOS DA BANANEIRA

Na literatura, existem vários trabalhos em relação à composição química de diferentes partes da bananeira, em diferentes estágios de maturação e de diferentes variedades. Além dos minerais (K, P, Mg, Na, etc) (Adeyemi & Oladiji, 2009; Anhwange et al., 2009; Forster et al., 2002; Hardisson et al., 2001; Sulaiman et al., 2011) e compostos do metabolismo primário (aminoácidos, proteínas, lipídeos, carboidratos, etc) (Adeniji et al., 2006; Anhwange, 2008; Arora et al., 2008; Cordeiro et al., 2004; Cordenunsi et al., 2008; De Jesus et al., 2004; Emaga et al., 2007, 2008; Ni & Eads, 1993a,b; Oliveira, 2007; Oliveira et al., 2007; Prabha & Bhagyalaksmi, 1998; Raju et al., 2001; Tarkosova & Copikova, 2000; Udosen & Enang, 2000; Wall, 2006), vários metabólitos secundários têm sido identificados (Del Rio et al., 2006; Oliveira et al., 2005, 2006, 2008; Otálvaro et al., 2002). Na revisão de literatura de Gervásio & Bartitucci (2023), a qual englobou o período de 2017-2022, são apresentados diversos constituintes da bananeira, ressaltando-se como os mais comuns flavonoides, fenóis, taninos e alcaloides.

1.2. ATIVIDADES BIOLÓGICAS

Várias atividades biológicas foram comprovadas para diferentes partes da bananeira. Por exemplo, o extrato oriundo do fruto ou de outros tecidos e orgãos da bananeira pode ser utilizado: para tratar hipotensão (Usui et al., 1994); como antifúngico (Greenfelder, 2001); como hipoglicêmico e antioxidante (Dhanabal et al., 2005; Ojewole et al., 2003); como anticâncer (Kazi et al., 2003); e, para diminuição do risco de problemas urinários (Poonguzhali & Chegu, 1994). Gervásio & Bartitucci (2023), em sua revisão, apontam que as atividades antibacteriana, anticâncer, antifúngica e antitóxica são as mais promissoras. Inclusive tais autores reportam que a atividade antioxidante está diretamente relacionada aos compostos químicos (fitoquímicos) presentes.

1.2.1. ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Na revisão de Gervásio & Bartitucci (2023), a atividade antioxidante de *Musa* spp é apontada como uma das principais atividade deste gênero. Eles ressaltam que diversas maneiras de se determinar essa atividade, mas que o ensaio da ação sequestrante do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) é a mais comum.

A seguir são exemplificados alguns trabalhos comprobatórios desta atividade, sendo que outros estão compilados em Gervásio & Bartitucci (2023). Determinou-se que o extrato etanólico do rizoma de *Musa acuminata* apresentou alta porcentagem de atividade antioxidante quando comparada à atividade do ácido ascórbico. Entretanto, a atividade observada foi bastante inferior à atividade do ácido gálico (Adinarayana & Babu, 2011). Da parede celular dos frutos de quatro cultivares diferentes de *M. acuminata* foram obtidos extratos com atividade antioxidante. Tais extratos, quando submetidos à hidrólise ácida ou à hidrólise enzimática, apresentaram aumento de atividade, devido ao conteúdo total de fenólicos aumentado após tais reações (Bennett et al., 2010). Também a partir das cascas dos frutos de dois cultivares (‘‘Grande Naine” and ‘‘Gruesa”) de *Musa acuminata* Colla (grupo AAA) foram preparados extratos vegetais, que apresentaram alta capacidade de “seqüestrar” os radicais DPPH e ABTS (radical do ácido 2,2’-azino-bis(3-etilbenzotiazolina)-6-sulfônico) e foram bons inibidores da peroxidação lipídica, sendo que o extrato Acetona:H_2O foi o mais ativo sobre todos os ensaios. Para a espécie de bananeira *M. sapientum* também foram determinadas as atividades antioxidantes, por diferentes ensaios (DPPH, ABTS e ensaio de inibição da peroxidação lipídica), dos extratos etanólicos de nove variedades de *M. sapientum*. Todos os extratos apresentaram potencial antioxidante significativo (Baskar et al., 2011). Dos frutos (casca, polpa e sementes) de *M. sapientum* L. subsp. *sylvestris* foram obtidos extratos hexânico, acetato de etila e etanólico que foram avaliados quanto à sua capacidade antioxidante em ensaios com DPPH e conteúdo de fenólicos totais. O extrato acetato de etila das sementes foi o que apresentou maior conteúdo de fenólicos totais, seguido do extrato da polpa e da casca no mesmo solvente. Uma tendência semelhante foi observada no ensaio com o DPPH, o que indicou a boa correlação entre os ensaios (Jain et al., 2011). A partir dos frutos de *Musa paradisíaca* foram obtidos extratos ricos em flavonóides, que apresentaram atividade antioxidante *in vivo*, observada pela diminuição significativa dos produtos de peroxidação (malondialdeído, hidroperóxidos e dienos conjugados) e pelo aumento expressivo das atividades das enzimas catalase e superoxido desmutase (Vijayakumar et al., 2008).

2. OBJETIVOS

O principal objetivo do trabalho foi avaliar a atividade antioxidante e o conteúdo de fenólicos totais dos extratos metanólicos aquosos do engaço branco, engaço verde e bainha foliar de quatro cultivares brasileiros de bananeira (Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã).

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1. EQUIPAMENTOS

Para a realização do trabalho foram utilizados diversos equipamentos pertencentes à infra-estrutura de diferentes departamentos da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Abaixo estão descritas as especificações dos principais equipamentos utilizados:

Evaporador rotativo TECNAL, Modelo TE-211; Espectrofotômetro no UV-Vis da Shimadzu (UV-1601); HPLC Agilent 1260 Infinity com auto-amostrador e detector por arranjo de diodos.

3.2. SOLVENTES E REAGENTES

Os solventes para o preparo dos extratos e manipulação das amostras (transferências, ensaios, etc) foram de grau analítico (PA), de diversas marcas, mas, especialmente, da VETEC. O reagente DPPH, utilizado no ensaio antioxidante, e o reagente Folin-Ciocalteu (2 N), utilizado para determinação dos fenólicos totais, foram adquiridos da Sigma-Aldrich.

3.3. COLETA DO MATERIAL VEGETAL

Todas as coletas de material vegetal foram realizadas no campus da UFV no período de 07/2011 a 02/2012 pelo prof. Dr. Luiz Carlos Chamhum Salomão, do Departamento de Fitotecnia da UFV e acompanhadas pela profa. Dra. Alessandra Regina Pepe Ambrozin, atualmente professora do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Alfenas (Unifal), do Campus de Poços de Caldas. Foram coletados o eixo floral inserido no pseudocaule (engaço branco), a porção exposta ao ambiente (engaço verde) e a bainha foliar de diferentes espécimes dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã.

3.4. LIOFILIZAÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

Após coleta das diferentes partes vegetais, o material era acondicionado em gelo e, posteriormente, cuidadosamente cortado em pequenos pedaços e congelado para ser liofilizado. A liofilização foi realizada pelo técnico Valério Poleto, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV.

3.5. PREPARO DOS EXTRATOS VEGETAIS

Padronizou-se o preparo dos extratos vegetais por maceração do material vegetal liofilizado em diferentes misturas de Metanol e Água durante uma noite (aproximadamente 16 h). Em geral, a proporção de material vegetal para solvente foi de 1:20 (m/V), após otimização das condições de extração.

Após o período de maceração, realizava-se a filtração por gravidade do material e a evaporação do solvente em evaporador rotativo. A massa obtida no balão de fundo redondo era então redissolvida em 5 mL da mistura utilizada para maceração a fim de se obter o extrato vegetal.

3.5.1. ESTABELECIMENTO DA RELAÇÃO MASSA VEGETAL/VOLUME DE SOLVENTE EXTRATOR

Como descrito anteriormente, a proporção mais utilizada de material vegetal para solvente extrator foi de 1:20 (m/V). Entretanto, tal condição foi otimizada através dos resultados obtidos nos ensaios antioxidantes (seção 3.6) para extratos preparados com 2

g de material vegetal em 20 mL de solvente e 1 g de material vegetal para 20 mL de solvente.

3.5.2. ESTABELECIMENTO DO MELHOR SOLVENTE EXTRATOR

Após a escolha da relação massa do material vegetal/solvente extrator, foram preparados diversos extratos por macaeração dos cultivares Nanicão e Prata Anã, utilizando-se as diferentes partes vegetais e diferentes misturas de MeOH:H_2O (10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, v/v). Para cada parte vegetal a melhor mistura de extração foi obtida com base nos resultados dos ensaios antioxidantes (seção 3.6).

3.5.3. OBTENÇÃO DOS EXTRATOS VEGETAIS PARA AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Após o estabelecimento das melhores condições de extração para cada parte vegetal, foram preparados extratos vegetais dos quatro cultivares de bananeira selecionados (Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã). Utilizou-se 1 g de material vegetal e 20 mL de mistura metanol:água. Para o engaço branco, a mistura utilizada foi de MeOH:H_2O (7:3, v/v), para o engaço verde, MeOH:H_2O (9:1, v/v) e para a bainha foliar, MeOH:H_2O (6:4, v/v). Portanto, foram obtidos 12 extratos vegetais (Tabela 1), que foram submetidos ao ensaio antioxidante (seção 3.6) e à análise de fenólicos totais (seção 3.7).

Tabela 1. Extratos vegetais preparados por maceração a partir das diferentes partes vegetais dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã

Cultivar	Parte Vegetal	Mistura MeOH:H_2O (v/v)
Nanicão	Engaço branco	7:3
	Engaço verde	9:1
	Bainha foliar	6:4
Prata Anã	Engaço branco	7:3
	Engaço verde	9:1
	Bainha foliar	6:4
Ouro	Engaço branco	7:3
	Engaço verde	9:1
	Bainha foliar	6:4
Maçã	Engaço branco	7:3
	Engaço verde	9:1
	Bainha foliar	6:4

3.6. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Para avaliação da atividade antioxidante dos extratos vegetais (Tabela 1) foi escolhido o ensaio com o radical DPPH. A atividade sequestrante de radical livre dos diferentes extratos foi medida em termos da habilidade de doação de hidrogênio ou sequestrante de radical dos extratos para a formação do radical estável DPPH. Os ensaios foram realizados, em geral, em triplicata, com base na metodologia descrita por Cai et al. (2006). Resumidamente, a partir dos extratos vegetais foram preparadas soluções aquosas de diferentes concentrações. Em geral, utilizou-se o extrato vegetal sem diluição e diluído 2, 5, 10 e 20 vezes. A 100 µL de tais soluções foram adicionados 1,5 mL de uma solução metanólica de DPPH (0,1 mol.L^{-1}), com absorbância próxima a 1, a 517 nm. Após tal adição,

as misturas permaneceram por 30 min em repouso à temperatura ambiente e na ausência de luz. Após esse período, a absorbância, a 517 nm, das misturas foi lida. Também se realizou a leitura de misturas de metanol e solução de DPPH. A porcentagem de atividade antioxidante (% A.A.) foi calculada como porcentagem de atividade sequestrante, pela fórmula a seguir:

$$\%A.A. = \frac{(Abs_0 - Abs_{amostra})}{Abs_0}.100$$

Onde:

Abs_0 = absorbância "controle" da amostra, no tempo zero

$Abs_{amostra}$ = absorbância da amostra após o tempo de incubação

Para os extratos preparados de acordo com a seção 3.5.3, além do cálculo da % A.A. também foram construídas curvas de % A.A. em função das diferentes concentrações testadas dos extratos, a fim de se calcular o valor de IC_{50} de cada extrato (Tabela 1), ou seja, a concentração da amostra que elimina 50 % do radical livre.

3.7. DETERMINAÇÃO DOS FENÓLICOS TOTAIS

O conteúdo de fenólicos totais dos extratos vegetais (Tabela 1) foi determinado com base no método de Folin-Ciocalteu, com as modificações sugeridas por Santos et al. (2009). Resumidamente, em tubos de ensaio protegidos com papel alumínio, colocaram-se 0,5 mL de cada extrato vegetal (Tabela 1), 1 mL de reagente de Folin-Ciocalteu comercial (2 N) e 0,5 mL de carbonato de sódio (7,5 %, m/V). Após 30 minutos sob repouso e na ausência de luz, realizou-se a leitura da absorbância da amostra a 765 nm. O mesmo procedimento foi realizado utilizando-se um "branco", que era uma solução constituída por todos os reagentes, exceto o extrato.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ESCOLHA DO MATERIAL VEGETAL

A escolha de diferentes partes vegetais (engaço branco, engaço verde e bainha foliar) dos cultivares brasileiros de Bananeira (Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã) para avaliação de atividade antioxidante e fenólicos totais foi decorrente da promissora atividade antioxidante da banana (polpa e casca) bem como da ausência (em nossa pesquisa bibliográfica) de estudos nessa área.

Como descrito na Tabela 1, foram selecionadas três diferentes partes vegetais (eixo floral inserido no pseudocaule - engaço branco, a porção exposta ao ambiente - engaço verde, e a bainha foliar) de diferentes espécimes dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã. Já em relação à escolha de tais cultivares, decidiu-se selecioná-los não só pela sua ampla ocorrência, mas, principalmente, por se tratarem de cultivares de grupos genômicos distintos e que, portanto, poderiam apresentar constituição química e atividade biológica bastante distintas. Como citado anteriormente, as bananeiras que produzem frutos comestíveis são da espécie *Musa acuminata* (genoma A) ou do seu cruzamento com *Musa balbisiana* (genoma B). Os grupos varietais agrupam variedades de características semelhantes: Cavendish – grupo genômico AAA (Nanica, Nanicão, Grand Naine e Caipira);

Ouro – grupo genômico AA (Ouro); Maçã – grupo genômico AAB (Maçã, Mysore, Thap Maeo e Figo) e Prata – grupo genômico AAB (Prata, Prata Anã, Pacovan, Branca e FHIA 01) (De Oliveira e Silva et al., 2004).

4.2. FORMA DE PREPARO DOS EXTRATOS VEGETAIS

O principal objetivo de um processo de extração é fornecer um extrato com um número grande de substâncias (um rendimento máximo de substâncias), com concentração adequada dos compostos "alvos" ou potencialmente ativos (Spigno et al., 2007). Neste trabalho, diferentes condições de extração foram testadas, objetivando-se conseguir extratos de bananeiras com maior atividade antioxidante.

Como descrito na seção 3.4, após a coleta do material vegetal, o mesmo foi cortado, congelado e liofilizado. Decidiu-se liofilizar o material vegetal antes da extração, pois tal processo inibe processos bioquímicos, biológicos e degradativos devido à presença da água. Como o material vegetal proveniente da bananeira é relativamente instável, o que pode ser observado visualmente, necessitava-se de um processo que retirasse a água do material, mas, ao mesmo tempo, preservasse sua natureza.

Pelo mesmo motivo, decidiu-se preparar os extratos vegetais através de maceração à temperatura ambiente, ao invés de outro processo que envolvesse calor e presença de luz. Sabe-se que dentre os processos de extração vegetal, a maceração é um dos mais brandos (Simões et al., 2003). Além disso, os diversos processos de extração por solvente têm sido amplamente utilizados para extrair compostos bioativos de plantas (Azmir et al., 2013). Apesar de altas temperaturas aumentarem a eficiência da extração, por aumentarem a taxa de difusão e a solubilidade dos analitos nos solventes extratores, elas podem catalisar a reação dos compostos bioativos com outros componentes do material vegetal. Além disso, relata-se que a temperatura de extração afeta a estabilidade de compostos fenólicos, devido à degradação química ou térmica (González-Montelongo et al., 2010a). De fato, para preparar os extratos metanólicos da bainha foliar, Azis et al. (2011) mantiveram o material vegetal sob agitação à temperatura ambiente por 24 h, enquanto Saravanan & Aradhya (2011), ao preparar extratos de polaridade variada (hexano, $CHCl_3$, AcOEt, Acetona e MeOH) a partir do mesmo tipo de material vegetal também utilizaram temperatura ambiente (20 ± 5 ºC), liofilizaram o extrato, após evaporação do solvente, e estocaram os mesmos a 0-4 ºC até sua utilização.

Alguns trabalhos na literatura também revelam a influência do calor, da luz e da presença de água sobre atividade antioxidante de bananeiras. No trabalho de González-Montelongo et al. (2010a), por exemplo, os autores ressaltam que tomaram todos os cuidados necessários para que os procedimentos fossem realizados sob luz reduzida e à baixa temperatura. Além disso, os extratos das cascas de banana (*Musa acuminata* Colla AAA) foram estocados a - 80 ºC por, no máximo, três dias. Apesar dos extratos terem sido preparados em duas temperaturas diferentes (25 e 55 ºC), ressalta-se que o efeito da temperatura sobre a atividade antioxidante deve ser estudado mais profundamente, pois se observou tanto aumento quanto diminuição da atividade antioxidante com o aumento da temperatura. Posteriormente, os mesmos autores (González-Montelongo et al., 2010b) desenvolveram um método de extração por solventes visando obter extratos metanólicos das cascas de banana ricos em antioxidantes. Eles estudaram a influência de variáveis como número de extrações, temperatura e tempo de extração sobre diferentes modelos *in vitro* de atividade antioxidante. Dentre as variáveis, a menos significativa foi o tempo

de extração. As condições ótimas de inibição do DPPH foram obtidas com 3 extrações, a 25 ºC, durante 0 minutos, em banho-maria.

Contrariamente, ao processo de extração de antioxidantes de bananeiras, o tratamento do fruto de *Musa acuminata*, grupo AAA, com água quente aumentou a produção de antioxidantes, tais como ácido ascórbico, diminuiu os níveis de peróxido de hidrogênio durante a estocagem e o amadurecimento do fruto e, consequentemente, atrasou esse processo (Ummarat et al., 2011).

4.2.1. ESTABELECIMENTO DA RELAÇÃO MASSA VEGETAL/VOLUME DE SOLVENTE EXTRATOR

Como descrito na seção 3.5.1, uma das condições otimizadas de extração foi a relação entre a quantidade de material vegetal e o volume de solvente extrator. O estabelecimento desta relação é bastante importante para a maior eficiência do processo de extração. Em geral, o valor desta relação é de 1:80, podendo variar entre outros valores, dependendo do material vegetal (Simões et al., 2003). No presente trabalho, foram utilizados os engaço verde e branco do cultivar Nanicão para testar as proporções 1:20 e 2:20 de massa:volume. Neste caso, foi utilizado como solvente extrator uma mistura MeOH:H_2O (7:3, v/v). A avaliação da eficiência da extração de componentes antioxidantes se deu através dos resultados obtidos nos ensaios com DPPH, realizados conforme descrito na seção 3.6. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Atividades antioxidantes (A.A.) dos extratos de Nanicão preparados com diferentes proporções de m/V

Parte vegetal	Relação m/V	% A.A.
Engaço branco	2:20	47,4
	1:20	30,5
Engaço verde	2:20	40,9
	1:20	36,2

Os resultados da Tabela 2 indicam que a relação 2:20 parece ter uma tendência de proporcionar uma maior eficiência de extração de compostos antioxidantes. Entretanto, os valores de % A.A. para as duas relações m/V são relativamente próximos e, por questões práticas de utilização de material vegetal, decidiu-se, apesar dos resultados obtidos, padronizar-se o uso da relação 1:20. Um fator que favoreceu esta decisão é que se sabe que quanto maior a quantidade de solvente utilizado, maior a solubilidade dos analitos.

Poucos trabalhos na literatura relatam o estudo desta relação m/V. A maioria apenas descreve a proporção utilizada ou mesmo nem apresenta tal valor. No trabalho de Azis et al. (2011), por exemplo, foi utilizada uma relação de 1:10 de massa de bainha foliar de banana (*M. acuminata* x *balbisiana Colla cv.* Awak) para a quantidade de metanol, enquanto no trabalho de Shian et al. (2012) utiliza-se a mesma proporção de 1:10 de massa do fruto da bananeira para o volume de diferentes solventes extratores (Acetona, EtOH, MeOH e suas respectivas soluções aquosas 50 % e 70 %, v/v). Entretanto, não é apresentada nenhuma razão para escolha de tal proporção em nenhum dos dois artigos.

4.2.2. ESTABELECIMENTO DO MELHOR SOLVENTE EXTRATOR

Entre as variáveis estudadas (razão amostra/solvente, tipo de solvente, tempo e temperatura de extração) para garantir a eficiência da extração, o tipo de solvente (ou o solvente extrator) tem sido a mais estudada (Azmir et al., 2013; Spigno et al., 2007). Desta forma, com o objetivo de se conseguir um solvente ou uma mistura de solventes que possibilitasse a obtenção de um extrato vegetal com a maior atividade antioxidante possível, foram preparados diversos extratos dos cultivares Nanicão e Prata Anã, utilizando-se diferentes partes vegetais (engaço branco, engaço verde e bainha foliar) e diferentes misturas de MeOH:H_2O (10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, v/v). Novamente, a avaliação da eficiência da extração de componentes antioxidantes se deu através dos resultados obtidos nos ensaios com DPPH (seção 3.6). Na Tabela 3 estão apresentados os resultados de atividade antioxidante para os diferentes extratos de Nanicão. A razão para não se apresentarem os dados da Prata Anã, é que, por terem sido realizados em maior número de replicatas, acredita-se que os resultados obtidos com o cultivar Nanicão sejam mais representativos e, desta forma, os seus resultados foram utilizados para a escolha do melhor solvente extrator.

Tabela 3. Atividades antioxidantes (A.A.) dos extratos de Nanicão obtidos por maceração em diferentes solventes extratores

Solvente extrator	% A.A. Engaço Branco	Engaço Verde	Bainha Foliar
MeOH:H_2O (5:5, v/v)	69,4 (± 9,5)	65,9 (± 15,4)	42,8 (± 6,8)
MeOH:H_2O (6:4, v/v)	76,1 (± 15,0)	72,5 (± 9,5)	44,5 (± 5,9)
MeOH:H_2O (7:3, v/v)	86,3 (± 9,6)	84,1 (± 2,0)	39,4 (± 10,0)
MeOH:H_2O (8:2, v/v)	68,3 (± 20,7)	89,8 (± 1,6)	36,5 (± 7,6)
MeOH:H_2O (9:1, v/v)	54,5 (± 12,7)	90,6 (± 0,6)	33,2 (± 5,0)
MeOH	44,2 (± 9,1)	51,5 (± 4,8)	25,1 (± 3,8)

* os desvios-padrão são apresentados entre parênteses

A escolha de misturas aquosas metanólicas ou de MeOH e água puros como solventes extratores foi decorrente do fato de que grande parte dos compostos antioxidantes identificados em bananeiras e em outras fontes vegetais são polares. Os solventes mais comumente utilizados para extração de antioxidantes são metanol, etanol e acetona puros ou em solução aquosa (Azmir et al., 2013; Shian et al., 2012), sendo que De Oliveira et al. (2009) apontam que, dentre os solventes orgânicos, o metanol, por conseguir extrair elevada quantidade de compostos bioativos, tem sido apontado como o mais efetivo. De fato, compostos fenólicos, especialmente flavonóides, ácidos fenólicos, taninos e tocoferóis, que são reconhecidos como antioxidantes naturais (Angelo & Jorge, 2007; Soobrattee et al., 2005), são, em sua grande maioria, bastante polares, sendo, portanto, extraídos com solventes mais polares. A revisão de Gervásio & Batitucci (2023) aponta diversos solventes que já foram usados para extração de antioxidantes da bananeira, em suas diversas partes. Além disso, em trabalhos similares de avaliação de atividade antioxidante de bananeiras, os extratos mais ativos foram obtidos com solventes mais polares (Adinarayana & Babu, 2011; Aziz et al., 2011; Baskar et al., 2011; Bennett et al., 2010; González-Montelongo et al., 2010a; Jain et al., 2011; Saravanan & Aradhya, 2011; Shian et al., 2012; Someya et al, 2002; Sulaiman et al., 2011; Vijayakumar et al., 2008). No trabalho de Saravanan & Aradhya (2011), por exemplo, os extratos com maior potencial antioxidante foram o metanólico e o em acetona. Dos extratos oriundos do cultivar de

bananeira mais ativo, foram identificados compostos fenólicos, tais como ácido gentísico, (+)-catequina, ácido protocatecúico, ácido caféico, ácido ferúlico e ácido cinâmico. Já Vijayakumar et al. (2008) extraíram uma mistura de flavonóides a partir de banana (*Musa paradisiaca*), utilizando misturas de MeOH e água, nas proporções de 9:1 e 1:1 (v/v). Shian et al. (2012), ao estudarem o efeito do tipo de solvente sobre a extração de compostos antioxidantes de banana, descobriram que o extrato aquoso contendo 70 % de acetona foi o mais ativo dentre os testados (foram testados também extratos em MeOH, EtOH e acetona puros e suas soluções aquosas de concentração 50 e 70 %, v/v).

Em relação aos resultados ilustrados na Tabela 3, sobre a determinação dos melhores solventes extratores para as diferentes partes vegetais (engaço branco, engaço verde e bainha foliar) do cultivar Nanicão, verificou-se que cada parte vegetal requer um determinado solvente extrator para que se consiga um extrato com maior atividade antioxidante, ou seja, para o engaço branco, o melhor solvente extrator foi a mistura MeOH:H_2O 7:3 (v/v); para o engaço verde, a mistura MeOH:H_2O 9:1 (v/v) foi a mais ativa; e, para a bainha foliar, a mistura MeOH:H_2O 6:4 (v/v) foi a melhor. Também se observa que a bainha foliar foi a parte vegetal com menor atividade antioxidante. Estes resultados permitem inferir que cada parte vegetal requer uma certa mistura extratora, pois contém diferentes quantidades de antioxidantes e, ainda mais, que quanto menor esta quantidade, maior a porcentagem de água na mistura necessária para originar um extrato mais ativo. De fato, a bainha foliar, por apresentar menores atividades antioxidantes, requer 40 % de água no seu extrato mais ativo, enquanto o engaço verde, que é a parte com maior atividade, requer apenas 10 % de água.

Os resultados apresentados nesta seção foram extremamente importantes para a continuação do trabalho na medida em que permitiram o estabelecimento do solvente para obtenção dos extratos dos cultivares de bananeiras. Assim, como próxima etapa, pode-se preparar os extratos destes cultivares a partir de suas diferentes partes vegetais.

4.2.3. PREPARO DOS EXTRATOS VEGETAIS APÓS OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE EXTRAÇÃO

Após o estabelecimento das melhores condições de extração para cada parte vegetal, foram preparados extratos vegetais do engaço branco, do engaço verde e da bainha foliar dos cultivares de bananeira Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã, conforme descrito na seção 3.5.3 e resumido na Tabela 1. A fim de se obter o rendimento da extração, utilizou-se, somente dessa vez, 2 g de material vegetal para 40 mL de de solvente extrator, o que representa a mesma proporção massa de material vegetal/volume de solvente extrator determinada anteriormente (1:20, m/V). Cabe relembrar, que para cada parte vegetal, independentemente do cultivar, foi utilizada uma certa proporção de MeOH:H_2O (engaço branco, 7:3; engaço verde, 9:1; e, bainha foliar, 6:4, v/v).

Os rendimentos das extrações para todas as partes vegetais dos diferentes cultivares estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Rendimento das extrações das diferentes partes vegetais dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã

Cultivar, Parte vegetal	Massa (g)	% Extraída
Nanicão, engaço branco	0,5547	27,74
Nanicão, engaço verde	0,2778	13,89
Nanicão, bainha foliar	0,3573	17,87
Prata anã, engaço branco	0,4049	20,25
Prata anã, engaço verde	0,3788	18,94
Prata anã, bainha foliar	0,2901	14,51
Ouro, engaço branco	0,5758	28,79
Ouro, engaço verde	0,4476	22,38
Ouro, bainha foliar	0,4727	23,64
Maçã, engaço branco	0,6338	31,69
Maçã, engaço verde	0,4479	22,40
Maçã, bainha foliar	0,3721	18,61

Os resultados da Tabela 4 indicam que, em geral, para todas as partes vegetais, o cultivar Prata Anã é que possui o menor rendimento na extração, enquanto os maiores rendimentos de extração parecem ser dos cultivares Ouro e Maçã. Já em relação às partes vegetais, a seguinte tendência foi observada para os cultivares Nanicão (AAA) e Ouro (AA): engaço branco > bainha foliar > engaço verde; enquanto que para os cultivares Maçã (AAB) e Prata Anã (AAB), observou-se a seguinte tendência: engaço branco > engaço verde > bainha foliar. Estes resultados foram bastante interessantes, na medida em que mostraram que cultivares pertencentes aos mesmos grupos genômicos apresentam o mesmo rendimento de extração em suas partes vegetais, sugerindo que tenham também composição química parecida.

No trabalho de Saravanan & Aradhya (2011) também foram observadas diferenças nos rendimentos de extração dependendo dos grupos genômicos dos cultivares de bananeira e dos solventes utilizados para extração. Os autores avaliaram os rendimentos de extração utilizando-se diferentes cultivares de bananeira e solventes de polaridade crescente (hexano, $CHCl_3$, AcOEt, acetona e MeOH). A ordem de extração de acordo com o tipo de solvente foi: metanol > hexano > acetona > clorofórmio > acetato de etila. Indicou-se que tais diferenças no rendimento dos diferentes extratos podem ser atribuídas à disponibilidade e solubilidade dos diferentes compostos nos solventes usados para extração. Além disso, houve, similarmente ao presente trabalho, uma tendência dos grupos genômicos AAB (*Poovan* e *Nendran*) apresentarem um maior rendimento de extração do que os grupos AAA (*Giant Cavendish* e *Red banana*). Isto quando se consideram os extratos metanólicos obtidos do pseudocaule (ou bainha foliar).

4.3. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E FENÓLICOS TOTAIS DOS EXTRATOS DE BANANEIRAS BRASILEIRAS

Os extratos (Tabela 1) tiveram suas atividades antioxidantes e do conteúdo de fenólicos totais avaliados. Cada extrato foi analisado em triplicata em cada um dos ensaios.

A Tabela 5 apresenta os resultados de % de atividade antioxidante (% A.A.) de cada um dos extratos vegetais, já considerando a média das triplicatas. Os ensaios antioxidantes foram realizados segundo metodologia descrita na seção 3.6.

Tabela 5. Atividades antioxidantes (A.A.) dos extratos do engaço branco, engaço verde e bainha foliar dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã

Cultivar	% A.A. Engaço Branco	Engaço Verde	Bainha Foliar
Nanicão (AAA)	8,3 (± 2,8)	22,5 (± 9,4)	7,9 (± 1,0)
Ouro (AA)	85,8 (± 0,7)	86,8 (± 3,1)	55,9 (± 3,6)
Prata anã (AAB)	90,1 (± 0,7)	82,9 (± 12,5)	80,3 (± 4,5)
Maçã (AAB)	90,1 (± 0,5)	92,1 (± 0,1)	22,5 (± 3,6)

* os desvios-padrão são apresentados entre parênteses

Verifica-se na Tabela 5 que, em geral, quanto maior a % A.A., menor o desvio padrão relacionado às replicatas. Os resultados desta tabela evidenciaram que a bananeira Nanicão apresentou o menor potencial antioxidante, enquanto os demais cultivares apresentaram atividades similares, destacando-se a atividade do engaço verde do cultivar Maçã, como a mais alta de todas. Portanto, para os cultivares testados o Nanicão foi o menos ativo, mas no trabalho de Bennett et al. (2010), no qual se testaram as atividades antioxidantes dos frutos dos cultivares Nanicão, Figo, Pacovan, Mysore e Terra, verificaram que após hidrólise ácida, os quatro primeiros cultivares apresentaram alta atividade antioxidante e conteúdo de fenólicos, enquanto o cultivar Terra apresentou valores menores.

Em relação às diferentes partes vegetais, a bainha foliar apresentou menor atividade antioxidante do que os engaços branco e verde para todos os cultivares. Além disso, o engaço verde parece apresentar uma atividade um pouco maior do que o engaço branco. Desta forma, a tendência de atividade antioxidante para as partes vegetais parece ser: engaço verde > engaço branco > bainha foliar. Como explicado anteriormente (seção 4.2.2), inferiu-se que, devido ao engaço verde ser mais ativo, precisa-se de uma menor quantidade de água na solução metanólica para a extração dos compostos antioxidantes do que as demais partes vegetais.

Na literatura, encontraram-se poucos estudos em relação à investigação química e biológica dos engaços branco, verde e da bainha foliar de alguns cultivares de bananeira. No trabalho de Aziz et al. (2011), investigou-se a atividade antioxidante da farinha obtida a partir da bainha foliar e do engaço branco de *M. acuminata x balbisiana Colla* cv. Awak. Ao contrário dos resultados obtidos no presente trabalho, os extratos da bainha foliar foram muito mais ativos (2422 mg TEA/100 g de massa seca) do que os do engaço branco (842 mg de TEAC/100 g de massa seca). Os autores sugeriram que a maior atividade antioxidante da bainha foliar foi devido à abundância de compostos fenólicos e à maior atividade doadora de hidrogênio do extrato desta parte vegetal. A boa correlação entre os valores encontrados nos ensaios com DPPH e de fenólicos totais indicaram que os fenólicos eram os principais responsáveis pela atividade antioxidante observada. De fato, compostos fenólicos possuem elevada capacidade antioxidante devido à sua habilidade em complexar íons metálicos, inativar reações radicalares em sistemas deslipidados, e prevenir conversão de hidroperóxido em oxirradicais reativos (Dimitrios, 2006). Saravanan & Aradhya (2011) também determinaram o alto potencial antioxidante do

pseudocaule (bainha foliar) de 8 diferentes cutlivares de bananeira [Ney Mannan (ABB), Safed Velchi (AB), Red banana (AAA), Giant Cavendish (AAA), Monthan (ABB), Poovan (AAB), Nendran (AAB) e Nanjanagudu Rasabale (AAB)]. Em tal trabalho, foram preparados extratos do pseudocaule em solventes orgânicos de polaridades diferentes, sendo que os extratos em acetona foram os mais ativos. O cultivar que apresentou maior conteúdo de flavonóides, conteúdo de fenólicos totais e atividade antioxidante foi Nanjanagudu Rasabale, que pertence ao mesmo grupo genômico (AAB) da maior atividade observada no presente trabalho (Maçã, engaço verde) (Tabela 5). Já no trabalho de Bhaskar et al. (2012), a flores de *Musa* sp. cv. Elakki apresentaram atividade antioxidante muito mais significativa do que o pseudocaule da mesma espécie.

Conforme comentado na seção 3.6, para os 12 extratos vegetais obtidos já em condições de extração otimizadas, além das % A.A. foram obtidos também os valores de IC_{50}, ou seja, utilizou-se um indicador de eficiência de retirada de radical similar ao IC_{50}. Os valores de IC_{50} obtidos indicam a concentração dos extratos vegetais que tem uma atividade de retirada de radical de 50 %. Portanto, o IC_{50} tem uma relação inversamente proporcional à capacidade antioxidante (% A.A.). Os valores de IC_{50} obtidos no presente trabalho são mostrados na Tabela 6. Nesta tabela, são expressos ainda os valores de limite de quantificação (LQ) e limite de detecção (LD) para cada extrato vegetal. O LQ expressa a quantidade mínima (IC_{50} mínimo) que se quantifica naquela amostra, enquanto o LD expressa a quantidade mínima que se pode detectar, ou seja, a quantidade mínima a partir da qual o sinal (de absorbância) pode ser confundido com o ruído. Para esse trabalho, considerou-se o LQ = 3.LD. A obtenção dos valores de LQ e LD é extremamente necessária, pois, através dos mesmos, consegue-se saber se a partir de valor de IC_{50}, a determinação é confiável. De fato, para alguns extratos, a atividade pode ser tão pequena e a diluição tão grande que a leitura de absorbância está bem abaixo da atividade de retirada de radical de 50 %. Na Tabela 6 também são apresentados os coeficientes de correlação (R^2) entre a % A.A. e os IC_{50} dos extratos vegetais, considerando-se separadamente os cultivares e as partes vegetais. Tais valores de R^2 foram calculados para se determinar a correlação entre os valores de % A.A. (Tabela 5) e os valores de IC_{50}.

Tabela 6. Valores de IC_{50} dos extratos do engaço branco, engaço verde e bainha foliar dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã

Cultivar, parte vegetal	IC_{50} (g/mL)	L.D. (g/mL)	L.Q. (g/mL)	R^2(%AA x IC_{50}) Cultivar
Nanicão, engaço branco	0,2887	0,0083	0,0250	0,8753
Nanicão, engaço verde	0,0590	0,0042	0,0125	
Nanicão, bainha foliar	0,0429	0,0024	0,0073	
Prata anã, engaço branco	0,0180*	0,0148	0,0445	0,0091
Prata anã, engaço verde	0,0228	0,0008	0,0024	
Prata anã, bainha foliar	0,0169	0,0014	0,0042	
Ouro, engaço branco	0,0254*	0,0242	0,0727	0,9996
Ouro, engaço verde	0,0245	0,0035	0,0104	
Ouro, bainha foliar	0,0409	0,0042	0,0126	
Maçã, engaço branco	0,0229*	0,0302	0,0905	0,9975
Maçã, engaço verde	0,0177*	0,0166	0,0497	
Maçã, bainha foliar	0,0802	0,0036	0,0108	

* valores não exatos (não confiáveis). Quando o valor obtido for < L.Q. o seu valor de IC_{50} é expresso como < L.Q. e quando o valor obtido for < L.D., ele não pode ser determinado.

Como discutido anteriormente, os dados de % A.A. (Tabela 5) para os extratos vegetais indicaram que a bainha foliar foi a parte vegetal menos ativa dentre as avaliadas e o cultivar Nanicão foi menos ativo que os demais testados. Na Tabela 6 são apresentados os valores de IC_{50} para os mesmos extratos. Esperava-se que a mesma tendência fosse observada, mas alguns extratos, como os da Prata Anã, por exemplo, não apresentaram valores compatíveis de IC_{50} com os esperados, ou seja, esperava-se que quanto maior a % A.A. do extrato, menor fosse o seu valor de IC_{50}, pois quanto menor a concentração necessária para diminuir a atividade do DPPH em 50 %, mais ativa a amostra. Entretanto, o engaço verde da Prata Anã, que apresentava 82,9 % de A.A. teve um valor de IC_{50} maior que a bainha foliar do mesmo cultivar, que apresentou 80,3 % de A.A. Esta baixa correlação entre a % A.A. e o IC_{50} para o cultivar Prata Anã, pode ser verificado pelo valor de R^2 de 0,0091 (Tabela 6). Para os demais cultivares, obteve-se valores maiores de R^2, indicando uma maior correlação.

A ocorrência de baixa correlação entre % A.A. e IC_{50} em alguns casos, pode ser atribuída por diversos fatores, mas pode-se destacar, por exemplo, que, para o cálculo de IC_{50}, considera-se a porcentagem de extração de cada parte vegetal e, como isto foi realizado apenas uma vez (Tabela 4), pode acarretar em erros nas concentrações consideradas. Além disso, quando a atividade de uma determinada amostra é muito baixa, os valores de absorbância medidos, podem estar dentro já do erro do espectrofotômetro. Em tais casos, testes de soluções mais concentradas do extrato deveriam ser realizados. Além disso, alguns valores da Tabela 6, marcados com asterisco, por estarem abaixo do limite de quantificação (L.Q.) ou mesmo do limite de detecção (L.D.), não são considerados valores "reais". Por exemplo, para o extrato do engaço branco da Prata Anã obteve-se um valor de IC_{50} de 0,0180 $g.mL^{-1}$, que está abaixo do L.Q. de 0,0445 $g.mL^{-1}$ e acima do L.D. de 0,0148 $g.mL^{-1}$. Isto indica que se consegue detectar o valor de IC_{50}, mas não se consegue quantificá-lo, ou seja, na verdade o valor de IC_{50} desse extrato é < 0,0445 $g.mL^{-1}$. Um caso ainda mais crítico é o do extrato do engaço branco do cultivar Maçã. Como o valor de IC_{50} determinado (0,0229 $g.mL^{-1}$) é menor tanto que o L.Q (0,0905 $g.mL^{-1}$) quando o L.D. (0,0302 $g.mL^{-1}$), ele não pode ser determinado com confiabilidade.

Vários métodos podem ser utilizados para realizar a quantificação de compostos fenólicos. Entretanto, o que utiliza o reagente de Folin-Ciocalteau é o mais extensivamente empregado, apesar de ter alguns problemas associados a ele (mede, na verdade, a capacidade redutora de uma amostra e não o conteúdo de fenólicos totais, apesar de ter os resultados expressos desta forma; superestima o conteúdo de fenólicos, por ser suscetível a vários interferentes, tais como a vitamina C; dentre outros pontos fracos) (De Oliveira et al., 2009).

O ensaio com o reagente de Folin-Ciocalteau foi selecionado no presente trabalho para a estimativa dos compostos fenólicos totais dos 12 extratos vegetais preparados (Tabela 1). O ensaio foi realizado, em triplicata, segundo metodologia descrita na seção 3.7 e os resultados obtidos estão mostrados na Tabela 7. Cabe ressaltar que os resultados estão expressos como % F.T (Porcentagem de fenólicos totais). Isto porque realizou-se uma normalização dos valores, considerando-se o extrato mais ativo (Maçã, engaço verde) como 100 %.

Tabela 7. Porcentagens de fenólicos totais (%F.T.) dos extratos do engaço branco, engaço verde e bainha foliar dos cultivares Nanicão, Prata Anã, Ouro e Maçã

Cultivar, parte vegetal	C (g/mL) testada	Valor médio - Abs	DP - Abs	% FT
Nanicão, engaço branco	0,0139	0,7665	0,1777	24
Nanicão, engaço verde	0,0069	1,2993	0,1738	40
Nanicão, bainha foliar	0,0089	1,3463	0,2127	42
Prata anã, engaço branco	0,0101	2,9447	0,0266	92
Prata anã, engaço verde	0,0095	2,8137	0,1738	88
Prata anã, bainha foliar	0,0073	2,2870	0,1156	71
Ouro, engaço branco	0,0144	2,7773	0,1184	87
Ouro, engaço verde	0,0112	2,5427	0,1118	79
Ouro, bainha foliar	0,0118	1,0793	0,1236	34
Maçã, engaço branco	0,0158	3,0230	0,1940	94
Maçã, engaço verde	0,0112	3,2107	0,1738	100
Maçã, bainha foliar	0,0093	0,5333	0,0170	17

Onde: Abs = absorbância; DP = desvio-padrão

Os resultados da Tabela 7 indicam que a % de fenólicos totais, em geral, apresenta a mesma tendência observada para as % A.A. (Tabela 5). Desta forma, os extratos com maior atividade antioxidante possuem maior conteúdo de fenólicos totais. Isto foi observado para todos os cultivares, exceto para o Nanicão, que apresentou maior % de fenólicos totais, para o seu extrato menos ativo (Nanicão, bainha foliar). Novamente, deve-se destacar o maior conteúdo de fenólicos totais do extrato oriundo do engaço verde do cultivar Maçã, que foi, também, o que apresentou maior % A.A. Assim como no trabalho de Aziz et al. (2011), a boa correlação entre as % A.A. e a % de fenólicos totais indica que os compostos fenólicos presentes nos extratos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante observada. Além disso, como observado no trabalho de Aziz et al. (2011), a distribuição de compostos fenólicos variou também nas diferentes partes vegetais do mesmo cultivar, sendo que a bainha foliar apresentou, em geral, menor conteúdo de fenólicos. Os resultados obtidos eram esperados, pois, em literatura, é amplamente difundido que os compostos fenólicos possuem grande capacidade antioxidante (Angelo & Jorge, 2007; Soobrattee et al., 2005), devido à sua habilidade em complexar íons metálicos, inativar reações radicalares em sistemas deslipidados, e prevenir conversão de hidroperóxido em oxirradicais reativos (Dimitrios, 2006).

5. CONCLUSÕES

A bananeira produz frutos com diversas atividades biológicas comprovadas, dentre elas, atividade antioxidante. Geralmente, a parte mais estudada é o fruto e os estudos sobre outras partes vegetais são menos frequentes na literatura, como é o caso das partes responsáveis pelo transporte da seiva (engaço branco, engaço verde e bainha foliar). Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a atividade antioxidante e o conteúdo de fenólicos totais destas partes de quatro diferentes cultivares (Nanicão, Prata Anã, Maçã e Ouro) brasileiros de bananeiras.

Os resultados obtidos indicaram que realmente outras partes da bananeira também tem alto potencial antioxidante, que, em geral, foi proporcional ao conteúdo de compostos

fenólicos. Concluiu-se no trabalho que a melhor relação entre a massa da parte vegetal e o volume do solvente extrator (misturas de metanol e água) é 1:20 e utilizou-se extração por maceração, pois os compostos antioxidantes são termo sensíveis. Também se determinou que para cada parte vegetal deve-se realizar uma determinada proporção de metanol e água para se obter uma maior atividade antioxidante. Dentre os cultivares, o Nanicão foi o com menor atividade antioxidante e os demais cultivares apresentaram atividades similares. Entretanto, destaca-se a atividade do engaço verde do cultivar Maçã, como a mais alta de todas.

Assim, concluiu-se que a bananeira possui outras partes vegetais que são comprovadamente antioxidantes e, consequentemente, podem ser usadas para o desenvolvimento de produtos alimentícios com ação antioxidante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento do trabalho (PROCESSO Nº.: CEX - APQ-01823-10) e pela bolsa de iniciação científica concedida ao Welton Rosa e ao técnico Valério Poleto pela disponibilidade na liofilização do material vegetal.

REFERÊNCIAS

[1] Adeyemi, O.S.; Oladiji, A.T. "Compositional changes in banana (*Musa* ssp.) fruits during ripening". *African J. Biotechnol.*, **8**(5): 858-859, 2009.

[2] Adinarayana, K.; Babu, A.P. "Anti-oxidant activity and cytotoxicity of ethanolic extracts from rhizome of *Musa acuminate*". *Natural Sci.*, **3**(4):291-294, 2011.

[3] Angelo, P.M.; Jorge, N. "Compostos fenólicos em alimentos - Uma breve revisão". *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, **66**(1): 232-240, 2007.

[4] Anhwange, B.A. "Chemical composition of *Musa sapientum* (banana) peels". *J. Food Technol.*, **6**(6): 263-266, 2008.

[5] Anhwange, B.A.; Ugye, T.J.; Nyiaatagher T.D. "Chemical composition of *Musa sapientum* (Banana) peels". *EJEAFChe,* **8**(6): 437-442, 2009.

[6] Arora, A.; Choudhary, D.; Agarwal, G.; Singh, V.P. "Compositional variation in β-carotene content, carbohydrate and antioxidant enzymes in selected banana cultivars". *Int. J. Food Sci. Technol.*, **43**(11): 1913-1921, 2008.

[7] Aziz, N.A.A.; Ho, L.H.; Azahari, B.; Bhat, R.; Cheng, L.H.; Ibrahim, M.N.M. "Chemical and functional properties of the native banana (*Musa acuminata* x *balbisiana Colla cv.* Awak) pseudo-stem and pseudo-stem tender core flours". *Food Chem.*, **128**: 748–753, 2011.

[8] Azmir, J.; Zaidul, I.S.M.; Rahman, M.M.; Sharif, K.M.; Mohamed, A.; Sahena, F.; Jahurul, M.H.A.; Ghafood, K.; Norulaini, N.A.N.; Omar, A.K.M. "Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review". *Journal of Food Engineering,* **117**: 426-436, 2013.

[9] Baskar, R.; Shrisakthi, S.; Sathyapriya, B.; Shyampriya, R.; Nithya, R.; Poongodi, P. "Antioxidant potential of peel extracts of banana varieties (*Musa sapientum*)". *Food and Nutrition Sciences*, **2**: 1128-1133, 2011.

[10] Bhaskar, J.J.; S, M.; Chilkunda, N.D.; Salimath, P.V. "Banana (*Musa* sp. var. elakki bale) flower and pseudostem: dietary fiber and associated antioxidant capacity". *J. Agric. Food Chem.*, **60**: 427-432, 2012.

[11] Bennett, R.N.; Shiga, T.M.; Hassimotto, N.M.A.; Rosa, E.A.S.; Lajolo, F.M.; Cordenunsi, B.R. "Phenolics and antioxidant properties of fruit pulp and cell wall fractions of postharvest banana (*Musa acuminata* Juss.) cultivars". *J. Agric. Food Chem.*, **58**: 7991-8003, 2010.

[12] Cai, Y.; Sun, M.; Xing, J.; Luo, Q.; Corke, H. "Structure–radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants". *Life Sci.*, **78**: 2872-2888, 2006.

[13] Cheng, G.; Duan, X.; Jiang, Y.; Sun, J.; Yang, S.; Yang, B.; He, S.; Liang, H.; Luo, Y. "Modification of hemicellulose polysaccharides during ripening of postharvest banana fruit". *Food Chem.*, **115**: 43-47, 2009.

[14] Cordeiro, N.; Belgacem, M.N.; Torres, I.C.; Mourad, J.C.V.P. "Chemical composition and pulping of banana pseudo-stems". *Ind. Crop. Prod.*, **19**: 147–154, 2004.

[15] Cordenunsi, B.R.; Shiga, T.M.; Lajolo, F. "Non-starch polysaccharide composition of two cultivars of banana (*Musa acuminata* L.: cvs Mysore and Nanicão)". *Carbohyd. Polym.*, **71**: 26–31, 2008.

[16] De Jesus, S.C.; Folegatti, M.I.S.; Matsuura, F.C.A.U.; Cardoso, R.L. "Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira". *Bragantia*, **63**(3): 315-323, 2004.

[17] De Oliveira, A.C.; Valentim, I.B.; Goulart, M.O.F.; Silva, C.A.; Bechara, E.J.H.; Trevisan, M.T.S. "Fontes naturais vegetais de antioxidantes". *Quim. Nova*, **32**(3): 689-702, 2009.

[18] De Oliveira e Silva, S.; Santos-Serejo, J.A.; Cordeiro, Z.J.M. "Variedades". EM: Borges, A.L.; Souza, L.S. (Eds.) "O Cultivo da Bananeira". Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004, 279p.

[19] Del Rio, J.C.; Jiménez-Barbero, J.; Chávez, M.I; Politi, M.; Gutiérrez, A. "Phenylphenalenone type compounds from the leaf fibers of Abaca (*Musa textilis*)". *J. Agric. Food Chem.*, **54:** 8744-8748, 2006.

[20] Dhanabal, S.P.; Sureshkumar, M.; Ramanathan, M.; Suresh, B. "Hypoglycemic effect of ethanolic extract of *Musa sapientum* on alloxan induced diabetes mellitus in rats and its relation with antioxidant potential". *J. Herbal Pharmacother.*, **5**(2): 7-19, 2005.

[21] Dimitrios, B. "Sources of natural phenolic antioxidants". *Trends Food Sci. Technol.*, **17**: 505-512, 2006.

[22] Emaga, T.H.; Andrianaivo, R.H.; Wathelet, B.; Tchango, J.T.; Paquot, M. "Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels". *Food Chem.*, **103**: 590–600, 2007.

[23] Emaga, T.H.; Ronkart, S.N.; Robert,C.; Wathelet, B.; Paquot, M. "Characterisation of pectins extracted from banana peels (*Musa* AAA) under different conditions using an experimental design". *Food Chem.*, **108**: 463–471, 2008.

[24] Forster, M.P.; Rodríguez, E.R.; Martín, J.D.; Romero, C.D. "Statistical differentiation of bananas according to their mineral composition". *J. Agric. Food Chem.*, **50**: 6130-6135, 2002.

[25] Gervásio, S.V.; Batitucci, M. do C. P. "Revisão: atividades biológicas, antioxidante e fitoquímica de *Musa* spp". *Ciênc. rural (Online); **53**(12): e20220636, 2023.*

[26] González-Montelongo, R.; Lobo, M.G.; González, M. "Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds". *Food Chem.*, **119**: 1030-1039, 2010a.

[27] González-Montelongo, R.; Lobo, M.G.; González, M. "The effect of extraction temperature, time and number of steps on the antioxidant capacity of methanolic banana peel extracts". *Separation and Purification Technology*, **71**: 347-355, 2010b.

[28] Greenfelder, G.P. "Musaceas plant extracts for treatment of fungal infections". *US 2001046526*, 2001.

[29] Hardisson, A.; Rubio, C.; Baez, A.; Martin, M.; Alvarez, R.; Diaz, E. "Mineral composition of banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife". *Food Chem.*, **73**: 153-161, 2001.

[30] Jain, P.; Bhuiyan, M.H.; Hossain, K.R.; Bachar, S.C. "Antibacterial and antioxidant activities of local seeded banana fruits*". Afr. J. Pharm. Pharmacol.*, **5**(11): 1398-1403, 2011.

[31] Kazi, A.; Urbizu, D.A.; Kuhn, D.J.; Acebo, A.L.; Jackson, E.R.; Greenfelder, G.P.; Kumar, N.B.; Dou, Q.P. "A natural musaceas plant extract inhibits proteasome activity and induces apoptosis selectively in human tumor and transformed, but not normal and non-transformed, cells". *Int. J. Mol. Med.*, **12**(6): 879-887, 2003.

[32] Ni, Q.W.; Eads, T.M. "Liquid-phase composition of intact fruit tissue measured by high-resolution proton NMR". *J. Agric. Food Chem.*, **41**: 1026-1034, 1993a.

[33] Ni, Q.W.; Eads, T.M. "Analysis by proton NMR of changes in liquid-phase and solid-phase components during ripening of banana". *J. Agric. Food Chem.*, **41**: 1035-1040, 1993b.

[34] Ojewole, J.A.O.; Adewunmi, C.O. "Hypoglycemic effect of methanolic extract of *Musa paradisiaca* (Musaceae) green fruits in normal and diabetic mice". *Method. Find. Exp. Clin.*, **25**(6): 453-456, 2003.

[35] Oliveira, A.L.P. "Extracção e caracterização de constituintes da bananeira Dwarf Cavendish", tese de doutorado, Universidade de Aveiro, 2007.

[36] Oliveira, L.; Cordeiro, N.; Evtuguin, D.; Torres, I.C.; Silvestre, A.J.D. "Chemical composition of different morphological parts from 'Dwarf Cavendish' banana plant and their potential as a non-wood renewable source of natural products". *Ind. Crop. Prod.*, **26**: 163–172, 2007.

[37] Oliveira, L.; Freire, C.S.R.; Silvestre, A.J.D.; Cordeiro, N.; Torres, I.C.; Evtuguin, D. "Steryl glucosides from banana plant *Musa acuminata* Colla var *cavendish*".*Ind. Crop. Prod.*, **22**: 187–192, 2005.

[38] Oliveira, L.; Freire, C.S.R.; Silvestre, A.J.D.; Cordeiro, N.; Torres, I.C.; Evtuguin, D. "Lipophilic extractives from different morphological parts of banana plant 'Dwarf Cavendish'".*Ind. Crop. Prod.*, **23**: 201–211, 2006.

[39] Oliveira, L.; Freire, C.S.R.; Silvestre, A.J.D.; Cordeiro, N. "Lipophilic extracts from Banana fruit residues: a source of valuable phytosterols". *J. Agric. Food Chem.*, **56**: 9520–9524, 2008.

[40] Otálvaro, F.; Gorls, H.; Holscher, D.; lscherc, Schmitt, B.; Echeverri, F.; Quinones, W.; Schneider, B. "Dimeric phenylphenalenones from *Musa acuminata* and various Haemodoraceae species. Crystal structure of anigorootin". *Phytochemistry*, **60**: 61-66, 2002.

[41] Poonguzhali, P.K.; Chegu, H. "The influence of banana stem extract on urinary risk factors for stones in normal and hyperoxaluric rats". *Br. J. Urol.*, **74**(1): 23-25, 1994.

[42] Prabha, T.N.; Bhagyalaksmi, N. "Carbohydrate metabolism in ripening banana fruit". *Phytochemistry*, **48**(6): 915-919, 1998.

[43] Raju, T.; Shantha; J.; Ramaswamykanive, L.; Anjaneyalu, Y.V. "Characterization of EDTA-soluble polysaccharides from the scape of *Musa paradisiaca* (banana)". *Biotechnol. Applied Biochem.*, **33**(1): 53-59, 2001.

[44] RITASOUSA, em http://ritasousa.net/banana-caracteristicas-vitaminas-e-as-propriedades, acesso em 07/2024.

[45] Santos, V.N.C.; de Freitas, R.A.; Deschamps, F.C.; Biavatti, M.W. "Ripe fruits of *Bromelia antiacantha*: investigations on the chemical and bioactivity profile". *Rev. Bras. Farmacogn.*, **19**(2A): 358-365, 2009.

[46] Saravanan, K.; Aradhya, S.M. "Polyphenols of pseudostem of different banana cultivars and their antioxidant activities". *J. Agric. Food Chem.*, **59**: 3613-3623, 2011.

[47] Shian, T.E.; Abdullah, A.; Musa, K.H.; Maskat, M.Y.; Ghani, M.A. "Antioxidant properties of three banana cultivars (*Musa acuminata* '*Berangan*', '*Mas*' and '*Raja*') extracts". *Sains Malaysiana*, **41**(3): 319-324, 2012.

[48] Simões, C.M.O.; Schenkel, E.P.; Gosmann, G.; de Mello, J.C.P.; Mentz, L.A.; Petrovick, P.R. (organizadores) "Farmacognosia – da planta ao medicamento". Editoras da UFSC e da UFRGS, 5ª ed., Florianópolis/Porto Alegre, 2003.

[49] Someya, S.; Yoshikib, Y.; Okubob, K. "Antioxidant compounds from bananas (*Musa* Cavendish)". *Food Chem.*, **79**: 351-354, 2002.

[50] Soobrattee, M.A.; Neergheen, V.S.; Luximon-Rammaa, A.; Aruomab, O.I.; Bahorun, T. "Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions". *Mutation Research*, **579**: 200-213, 2005.

[51] Spigno, G.; Tramelli, L.; Faveri, D.M.D. "Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *J. Food Engineering*, **81**: 200-208, 2007.

[52] Sulaiman, S.F.; Yusoff, N.A.M.; Eldeen, I.M.; Seow, E.M.; Sajak, A.A.B.; Supriatno; Ooi, K.L. "Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa* sp.)". *J. Food Composition Analysis*, **24**: 1-10, 2011.

[53] Tarkosova, J.; Copikova, J. "Determination of carbohydrate content in bananas during ripening and storage by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spec.*, **8**(1): 21-26, 2000.

[54] Udosen, E.O.; Enang, M.I. "Chemical composition and soaping characteristics of peels from plantain (*Musa paradisiaca*) and banana (*Musa sapientum*)". *Global J. Pure Appl. Sci.*, **6**(1): 79-81, 2000.

[55] Ummarat, N.; Matsumotoc, T.K.; Wall, M.M.; Seraypheap, K. "Changes in antioxidants and fruit quality in hot water-treated 'Hom Thong' banana fruit during storage". *Scientia Horticulturae*, **130**: 801-807, 2011.

[56] Usui, T.; Sunada, S. **"**Vasopressor containing Musaceae plant extract and used for treating essential hypotension". *JP 06157328*, 1994.

[57] Vijayakumar, S.; Presannakumar, G.; Vijayalakshmi, N.R. "Antioxidant activity of banana flavonoids". *Fitoterapia*, **79**: 279-282, 2008.

[58] Wall, M.M. "Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii". *J. Food Compos. Anal.*, **19**: 434–445, 2006.

Capítulo 3

Reaproveitamento de resíduos de frutas cítricas na produção de compostos bioativos: uma revisão

Nicole Novelli do Nascimento
João Vitor de Araujo Silva
Laiza Bergamasco Beltran
Carolina Moser Paraíso
Jumara Silva de Sousa
Angélica Marquetotti Salcedo Vieira

Resumo: O aproveitamento de resíduos de frutas cítricas, como cascas, sementes e polpas, é uma estratégia promissora para a indústria alimentícia e outras áreas, visando a sustentabilidade econômica e ambiental. Esses resíduos, frequentemente descartados, são ricos em compostos bioativos, como flavonoides, carotenoides, pectinas, ácidos fenólicos e óleos essenciais, que possuem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e potencialmente terapêuticas. Com o intuito de contribuir para um melhor entendimento acerca da economia circular envolvida neste setor da agroindústria, esta revisão teve foco no reaproveitamento de resíduos de frutas cítricas para obtenção de compostos bioativos. Várias técnicas de extração têm sido desenvolvidas para maximizar a recuperação desses compostos. Tecnologias mais avançadas, como extração por ultrassom, enzimas e por CO_2 supercrítico, oferecem alternativas mais eficientes e sustentáveis. Os compostos bioativos extraídos dos resíduos de frutas cítricas têm diversas aplicações. Na indústria alimentícia, por exemplo, da pectina é utilizada como texturizante natural, e os carotenoides como pigmentos naturais. A valorização dos resíduos cítricos não apenas reduz o impacto ambiental, mas também cria oportunidades econômicas significativas ao desenvolver produtos de alto valor agregado. Conclui-se que houve uma evolução no uso dos resíduos de frutas cítricas ao longo dos anos, com o desenvolvimento de métodos inovadores e maior conscientização sobre seu valor agregado. No entanto, para o futuro, é crucial investir em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar as técnicas de extração e explorar novas aplicações, promovendo uma economia circular e sustentável.

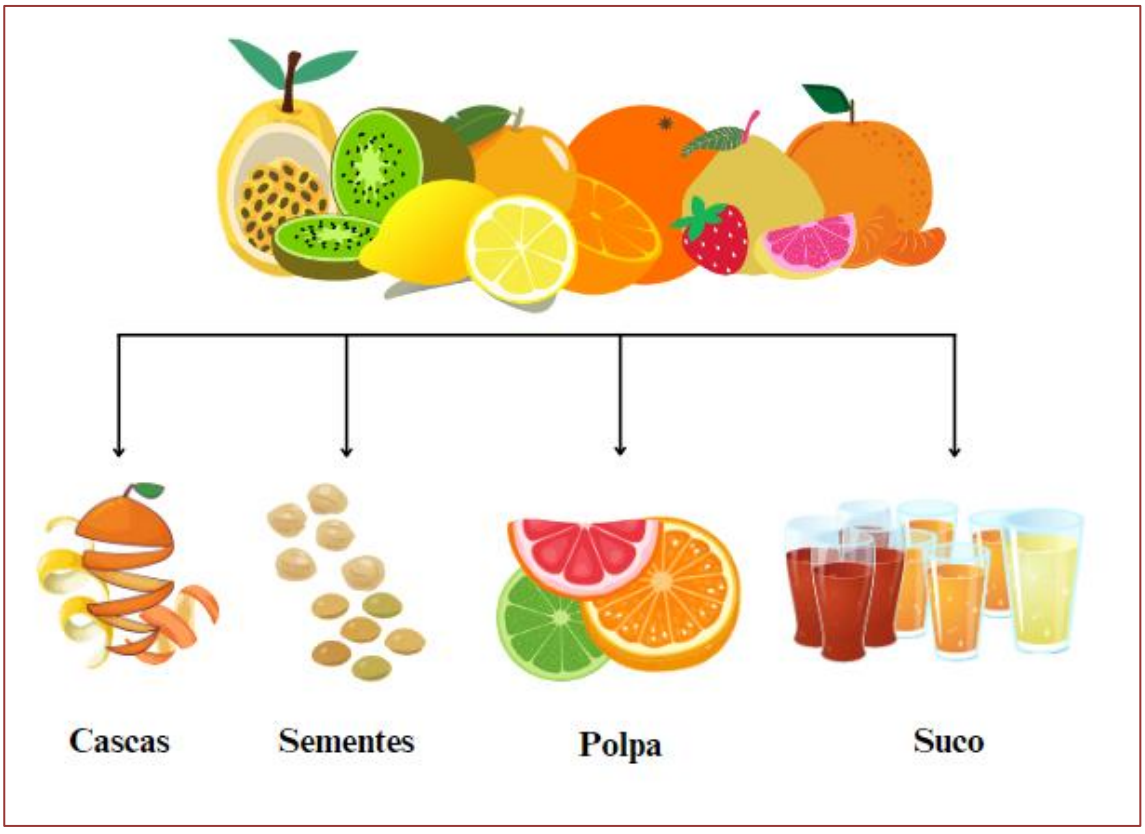
Palavras-chave: resíduos de frutas, valorização, compostos bioativos, técnicas de extração.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação com o meio ambiente vem crescendo, principalmente em relação aos resíduos agroindustriais. A citricultura tem produção em todo o mundo, sendo o Brasil um dos maiores produtores, representando 11% de toda a produção de citrus do mundo, ficando apenas atrás da China (FAO/ONU, 2019). Destes 48.1% são equivalentes à produção de frutas cítricas, onde 42,5% referem-se à produção de laranjas, 3% à de limões e 2,5% à de tangerinas (IBGE, 2015).

As frutas cítricas (família *Rutaceae)* são consumidas no mundo todo, principalmente como sucos (Tripoli et al., 2007), sendo 30-40% descartados como resíduos (Galanakis, 2014). Existem vários tipos de resíduos provenientes do processamento de frutas (Figura 1) que são descartados e poluindo o meio ambiente oriundos do uso doméstico e industrial, como as sementes, cascas (Fernández-López *et al*., 2004). Geralmente, os resíduos do processamento de frutas cítricas são sólidos após a extração de sucos das frutas (Baldwin *et al*., 2012), sendo seu destino um problema grave caso não seja gerenciado adequadamente (ITDG, 2006). Embora alguns resíduos atualmente sejam valorizados, a maioria ainda é descartada (Putnick *et al*., 2017).

Figura 1. Resíduos provenientes do processamento de frutas



Fonte: Suri et al. (2022) adaptado.

O aproveitamento de resíduos de sucos cítricos é uma prática cada vez mais importante dentro do contexto da sustentabilidade e da economia circular. Esses resíduos, que incluem cascas, sementes e polpas, representam uma fonte valiosa de compostos

bioativos, nutrientes e materiais que podem ser reutilizados em diversas indústrias, desde a alimentação até a farmacêutica (Bernhoft, 2010; Castro-Muñoz *et al*., 2018).

Os resíduos de sucos cítricos contêm uma variedade de compostos valiosos, como flavonoides, carotenoides, fibras, óleos essenciais e pectinas. A característica principal dos compostos bioativos é o alto poder antioxidante, dentre eles os compostos fenólicos (flavonóides, ácidos fenólicos, taninos, cumarinas, estilbenos) e as vitaminas (carotenóides, tocoferóis, ácido ascórbico), que possuem diversas propriedades biológicas, tais como ação anti-inflamatória, reduzem incidência de doenças coronárias, anti-carcinogênicos, entre outras (Oroian & Escriche, 2015).

Tradicionalmente, os resíduos eram destinados à alimentação animal ou à produção de composto. No entanto, esses resíduos possuem uma composição rica em diversos compostos de alto valor agregado, como os compostos bioativos mencionados. Após um processo de conversão adequado, esses compostos podem ser transformados em produtos comercializáveis, seja como matéria-prima para outros processos, materiais para gestão ambiental ou ingredientes para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios (Nieto *et al*., 2021).

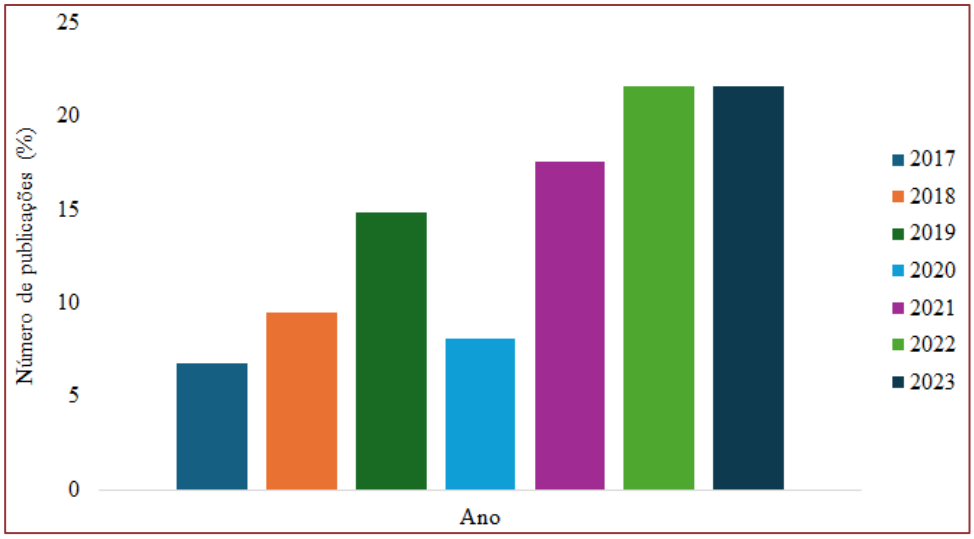
Normalmente, os processos de conversão de resíduos cítricos em produtos de valor agregado começam com (i) pré-tratamento, que geralmente inclui secagem e moagem; (ii) extração dos compostos bioativos alvo utilizando solventes; (iii) purificação dos extratos; (iv) regeneração e reciclagem dos solventes; e (v) formulação do produto. Contudo, a maioria das técnicas convencionais de extração depende fortemente de solventes orgânicos, que são prejudiciais ao meio ambiente. Por isso, há uma busca crescente por solventes mais sustentáveis e métodos de extração que não utilizem solventes, como a extração assistida por ultrassom (González-Miquel & Díaz, 2020).

Os resíduos provenientes do processamento de sucos de frutas cítricas, muitas vezes considerados um desafio significativo do ponto de vista social, econômico e ambiental, apresentam uma oportunidade para o desenvolvimento de novos produtos. Esta oportunidade é crucial para a obtenção de compostos bioativos naturais de alto valor agregado, trazendo benefícios tanto econômicos quanto para a saúde. Portanto, o objetivo desta revisão foi investigar o panorama do aproveitamento de resíduos de frutas cítricas para a obtenção de compostos bioativos através de processos de extração.

2. METODOLOGIA

Este estudo realizou uma análise bibliométrica para avaliar o corpo existente de pesquisas sobre o uso de resíduos de sucos cítricos na indústria alimentícia. Utilizando fontes de dados de citação renomadas, como Web of Science (WoS), Scopus, PubMed e Google Scholar, esta pesquisa teve como objetivo mapear o terreno acadêmico nesse campo. A avaliação bibliométrica começou com a coleta de uma base de dados contendo estudos relevantes, utilizando as palavras-chave: "*citrus fruit waste*", "*citrus fruit utilization*", "*citrus fruit waste recovery*" e "*citrus fruit reuse*". Abrangendo documentos do período de 2017 a 2023 e limitando-se a "artigos" e "artigos de revisão". Na Figura 2 tem-se a apresentação do crescimento de pesquisas destes resíduos como fontes de obtenção de produtos de alto valor agregado baseado nos artigos utilizados nesta revisão.

Figura 2. Gráfico de crescimento de pesquisas científicas e estudos bibliográficos sobre o aproveitamento de resíduos de frutas cítricas



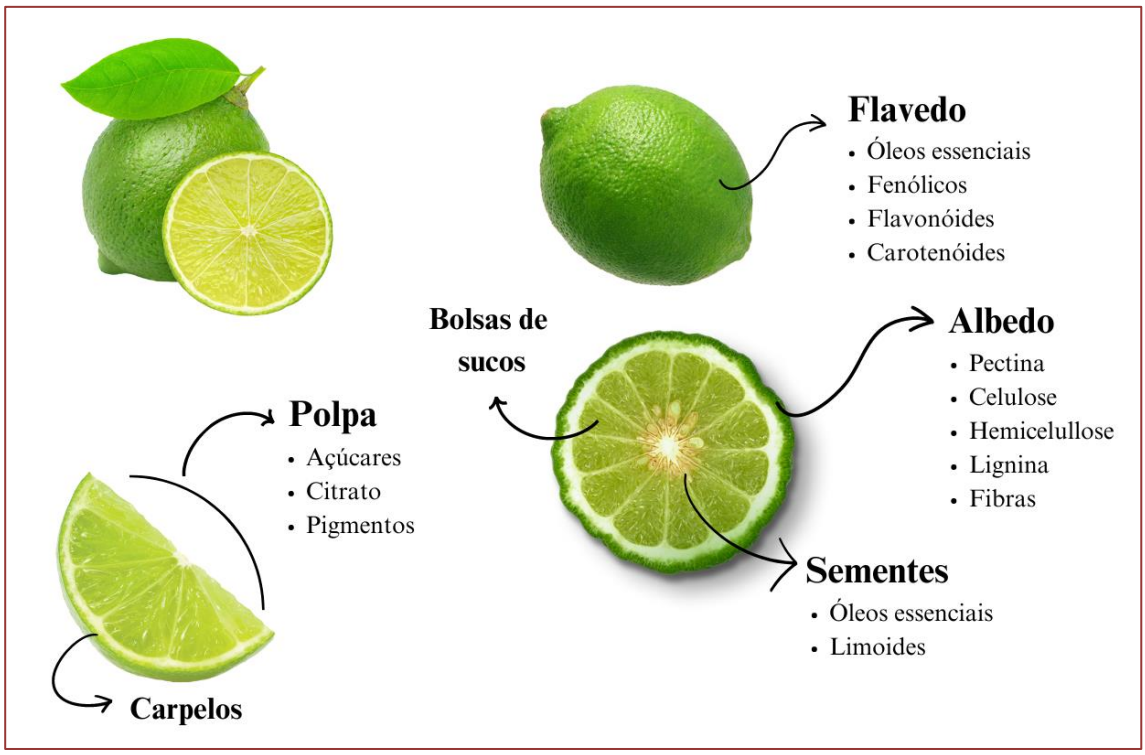
Fonte: Os autores.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O reaproveitamento de resíduos cítricos tem ganhado destaque pela capacidade de transformar subprodutos em ingredientes valiosos, promovendo uma economia circular. Isto porque cerca de 50% do peso total das frutas cítricas processadas para suco resulta em resíduos (FAO, 2022). No contexto dos resíduos de frutas cítricas, a economia circular promove a valorização desses subprodutos, transformando-os em ingredientes valiosos para a indústria alimentícia e outros setores. Esta abordagem não só reduz o impacto ambiental, com a redução de orgânicos enviados para aterros sanitários, liberação de gases de efeito estufa e contaminação do solo, mas também cria oportunidades econômicas significativas (Teigiserova *et al*., 2021; Panwar *et al*., 2021a).

Frutas cítricas como laranjas, limões e tangerinas são amplamente consumidas e processadas em todo o mundo. No entanto, a produção de sucos e outros produtos gera uma quantidade significativa de resíduos, que incluem cascas, sementes e polpas (Figura 1). Esses resíduos, frequentemente descartados, são ricos em compostos bioativos (Rafiq et al., 2018; Smith & Bown, 2021; Santana & Oliveira, 2021) (Figura 3). Assim, diversas técnicas de extração têm sido desenvolvidas para maximizar a recuperação desses compostos bioativos de forma eficiente e sustentável (Kumar & Verma, 2020; Zheng & Wang, 2019; Liu & Zhao, 2021; Zhao & Hu, 2022; Shorbagi *et al*., 2022).

Figura 3. Estrutura das frutas cítricas e a diversidade de compostos



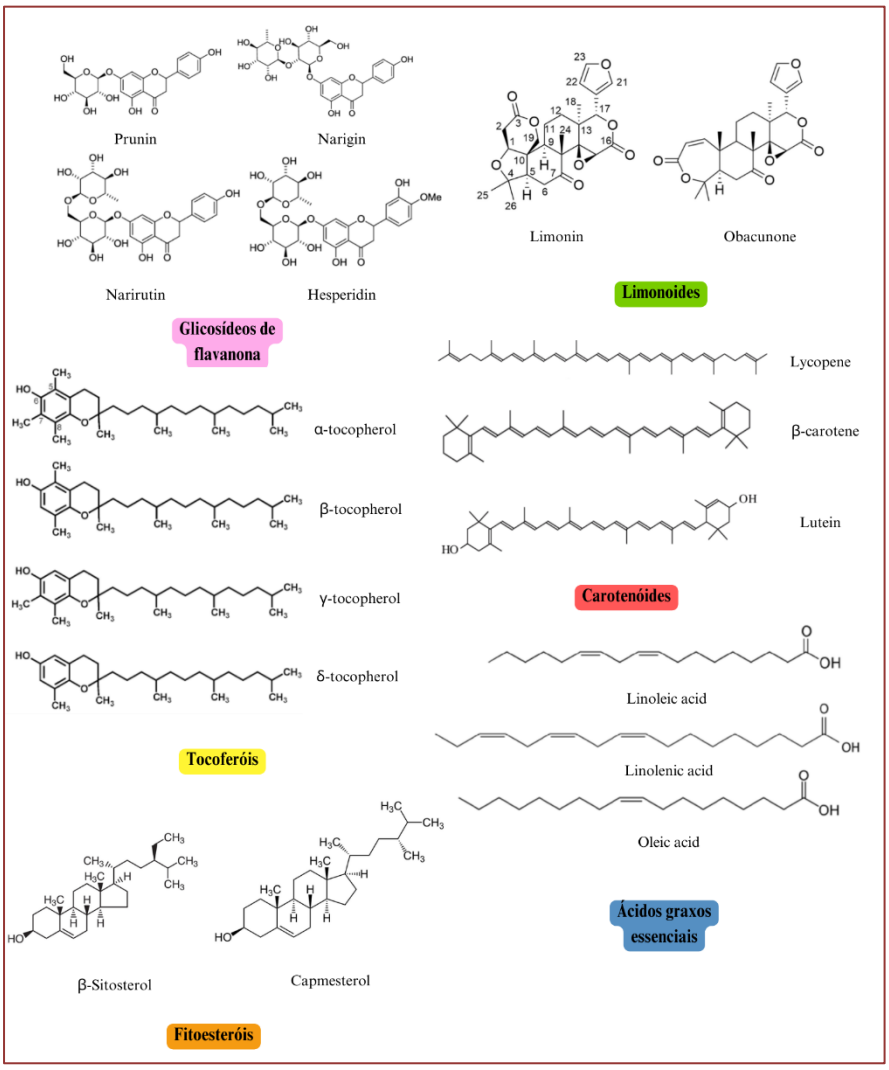
Fonte: Panwar *et al*. (2021b) adaptado.

3.1. COMPOSTOS BIOATIVOS

Os compostos bioativos são substâncias presentes em plantas, legumes e frutas em pequenas quantidades produzidos como metabólitos secundários, como os compostos fenólicos e carotenoides, que contribuem para a saúde principalmente pelo seu elevado poder antioxidante (Bernhoft, 2010). O uso de compostos bioativos em diferentes setores, como indústrias farmacêuticas, alimentícias e químicas, significa que há uma necessidade de um método de extração e recuperação apropriado para obter estes componentes ativos das matrizes vegetais (Azmir *et al*., 2013). Os benefícios obtidos com o consumo dos compostos bioativos são atribuídos ao elevado poder antioxidante, o qual está correlacionado com a concentração destes compostos (Vegara *et al*., 2013).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários provindos de diversas variedades de frutas e vegetais conhecidos como compostos bioativos, substâncias que possuem efeitos benéficos à saúde (Moralez-Gonzáles, 2013). Em sua estrutura química apresentam hidroxilas e anéis aromáticos que conferem o poder antioxidante (Moreira & Mancini, 2004; Zayed *et al*., 2021), tendo a capacidade de reduzir danos oxidativos no corpo humano (Dai & Mumper, 2010) devido à sua estrutura, a qual impede a formação de radicais livres nos processos de auto oxidação (Figura 4) (Amarowicz *et al*., 2004).

Figura 4. Classes químicas representadas pelos principais compostos bioativos em frutas cítricas



Fonte: Zayed *et al.* (2021) adaptado.

O fenol é a estrutura básica constituinte de todo esse grupo (Vermerris & Nicholson, 2006). Entre os compostos fenólicos destacam-se os flavonoides, cumarinas, ligninas, ácidos fenólicos, estilbenos e taninos (Shahidi & Naczk, 1995; Oliveira *et al*., 2013), os quais podem ser obtidos de frutas cítricas, como limão, laranja, tangerina, além de outras fontes, como brócolis, maçã, uva, ameixa, entre outros (De La Luz Cadiz-Gurrea *et al*., 2020).

Os flavonoides pertencem ao grupo mais abundante dos compostos fenólicos encontrados na natureza, os quais são subdivididos em: flavonas, flavonóis, isoflavonas, flavononas e antocianinas (Bosscher *et al*., 2009). Dentro deste grupo, as antocianinas são o grupo mais importante de pigmentos hidrossolúveis encontrados na natureza, sendo responsáveis pela maioria das cores roxa, azul e tonalidades de vermelho encontrados nos frutos, representando uma atrativa fonte de pigmentos em substituição aos corantes sintéticos (Cavalcanti *et al*., 2011), ademais possuem atividade antiviral (Kapadia *et al*., 2012) e

anticarcinogênica (Hagiwara *et al*., 2011). Pesquisas apontam a associação de antocianinas e a redução de incidência de doenças cardiovasculares (Wang *et al*., 2014).

As cumarinas são outra classe dos compostos fenólicos presentes nas frutas cítricas (Yu *et al*., 2007) e possuem alto poder antioxidante (Tyagi *et al*., 2014). Os estilbenos têm seus anéis aromáticos ligados por uma ponte de etano (Wang *et al*., 2014) e parar obter seus efeitos benéficos, como arteriosclerose e atividade antimicrobiana (Frombaum *et al*., 2012), ocorrem em concentrações mais baixas em comparação com os demais compostos fenólicos (Wang *et al*., 2014). As ligninas são consideradas os antioxidantes com papel fundamental no funcionamento do cólon intestinal e que inibem e/ou retardam o crescimento de células cancerígenas nas mamas, podendo ser encontradas normalmente nas raízes, folhas e sementes (Landete, 2012).

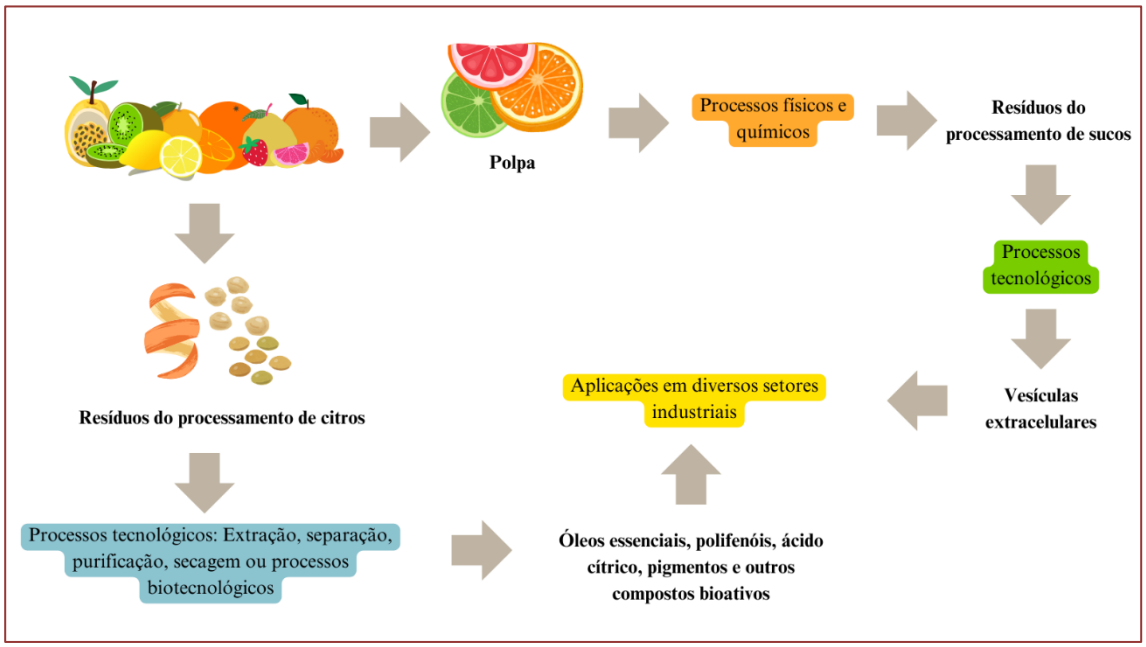
Os taninos possuem alta massa molecular (Saric *et al*., 2015) e importante atividade antioxidante, no entanto, são conhecidos pelo seu caráter adstringente (Figueroa-Espinoza *et al*., 2015; Shahat & Marzouk, 2013). Eles são denominados hidrolisáveis ou condensados (Arapitsas, 2012; Ky *et al*., 2016). Os taninos hidrolisáveis liberam ácidos fenólicos por hidrólise ácida (Sgarbieri, 1996). As frutas cítricas são ricas em ácidos fenólicos, os quais apresentam elevada capacidade antioxidante (Dai & Mumper, 2010) desempenhando importante função fisiológica. Esses compostos podem ser encontrados não apenas na fruta, mas também em seus resíduos após processamento (Girotto *et al*., 2015).

Os carotenóides são pigmentos amplamente encontrados na natureza, principalmente em vegetais, responsáveis pela coloração amarelada, laranjada e avermelhada. Podem ser encontrados também em vegetais folhosos, no entanto, a coloração destes é devido a clorofila, pigmento mais forte e predominante (Fennema *et al*., 2017). Eles são divididos em dois grupos: as xantofilas, que são hidrocarbonetos com grupos oxigenados e possui hidrocarbonetos, álcoois, cetonas, epóxidos, éteres, ésteres e ácidos, e os carotenos, que são os hidrocarbonetos puros (Rodriguez-Amaya *et al*., 2008). A sua principal função é a atividade pro-vitamínica A, também conhecido como vitamina A, a qual é essencial para a diferenciação celular, sistema imunológico, crescimento ósseo devido sua atividade antioxidante que proporciona a proteção das células contra o oxigênio singleto e os radicais livres. Nos frutos cítricos os carotenoides estão presentes pela luteína, licopeno, zeaxantina, violaxantina e β-caroteno (Rodriguez-Amaya *et al*., 2008).

3.2. TECNOLOGIAS E MÉTODOS DE APROVEITAMENTO

No aproveitamento de cascas, polpas e sementes ocorre após a coleta: a lavagem, secagem, moagem, e por fim, a extração, a qual geralmente é uma combinação de técnicas (Zhang *et al*., 2018). Na Figura 5 pode-se observar os diferentes processamentos que se pode realizar com os resíduos cítricos para a obtenção dos compostos bioativos.

Figura 5. Etapas de valorização de resíduos do processamento de cítricos



Fonte: Sangiorgio et al. (2020) adaptado.

A extração é a primeira etapa na recuperação de compostos bioativos a partir das matrizes vegetais (Alexandre *et al*., 2017). Os processos de extração são operações unitárias que envolvem transferência de massas afim de separar determinados compostos de certa matriz, sólida ou líquida, através de processos físicos, químicos e mecânicos (Leal, 2008), sendo os convencionais métodos de extração a maceração, uso de Soxhlet e destilação, utilizando certo solvente específico associado a agitação e/ou aquecimento (Tzia & Liadakis, 2003).

Nos métodos convencionais, os resíduos cítricos são submetidos a tratamento com solventes por um período determinado, os quais podem ser solventes orgânicos (Sood & Gupta, 2015), água quente (Xu *et al*., 2008; Ferreira *et al*., 2018), compostos alcalinos (Bocco *et al*., 1998), álcoois (metanol, etanol e/ou suas misturas) (Gao *et al.,* 2019; Iglesias-Carres *et al*., 2019), acetona, éter dietílico, acetato de etila, N,Ndimetilformamida ou suas misturas com diferentes proporções de água (Rajbhar et al., 2015).

Após a extração, o extrato é centrifugado e o sobrenadante resultante é filtrado e a alíquota obtida é concentrada por evaporação do solvente (Mahato *et al*., 2019). A eficiência na recuperação dos compostos fenólicos varia conforme o tipo de solvente utilizado, sua polaridade, o tempo de extração, a temperatura e as propriedades físico-químicas das amostras (Sangiorgio *et al*., 2020). Contudo, esses métodos convencionais podem levar à degradação dos compostos devido às altas temperaturas e longos períodos de extração, além de possíveis problemas tóxicos associados aos solventes empregados (Ignat *et al*., 2011). Além disso, alguns compostos podem ser difíceis de extrair, sendo necessário a combinação de mais de uma técnica de extração (Alexandre *et al*., 2017).

O crescente interesse pela recuperação dos compostos bioativos derivados de fontes vegetais, principalmente obtidos através de subprodutos do processamento de frutas, levou os pesquisadores a desenvolverem novos métodos de extração que não degrade estes compostos, mas que também seja considerado *eco-friendly* (Cassano *et al*., 2017;

Lopresto *et al*., 2019) e tenha maior rendimento comparado aos processos já utilizados (Girotto *et al*., 2015). Dessa forma, estas técnicas de extração incluem a extração por fluídos supercríticos (Knez, 2016), assistida por ultrassom (Khan *et al*., 2010; Anticona *et al*., 2020), assistida por enzimas (Jeon *et al*., 2011; Lu *et al*., 2021), irradiação com feixe de elétron (Kim *et al*., 2008), processos de separação por membrana (Conde *et al*., 2013; Rabelo *et al*., 2016; Conidi *et al*., 2011; Pallet *et al*., 2005; Ferreira, 2011; do Nascimento *et al*., 2023), adsorção em resinas macroporosas (Soto *et al*., 2011), alta pressão hidráulica e campo elétrico pulsado (Nirmal *et al*., 2023), hidrodestilação (Shaw *et al*., 2023), combinações de técnicas (Golmakani & Moayyedi, 2016; Chen *et al*., 2016; González-Rivera *et al*., 2016), entre outros. Na Tabela 1 destaca-se alguns exemplos de pesquisas com diferentes métodos de extração na obtenção de compostos bioativos.

Tabela 1. Metodologias inovadoras de extração de compostos bioativos de resíduos de frutas cítricas

Método de extração	Resíduo	Composto alvo	Referência
Solventes eutéticos e glicerol	Cascas de toranja	Polifenóis	El Kantar *et al*. (2019)
Campo elétrico pulsado	Cascas de limão, pomelo e laranja	Polifenóis	El Kantar *et al*. (2018)
Extração subcrítica de água	Cascas de laranja	Flavonóides não polares	Lachos-Perez *et al*. (2018)
Líquido pressurizado e fluido supercrítico	Cascas de laranja	Fenólicos	Borrales *et al*. (2018)
Extração supercrítica de CO_2 com etanol	Cascas de laranja	Ésteres de ácidos graxos, fenóis, derivados cumarínicos e terpênicos	Trabelsi *et al*. (2016)
Fluido supercrítico	Cascas de limão	Óleos essenciais	Lopresto *et al*. (2019)
Extração supercrítica com CO_2, acetona e metanol	Cascas de tangerina	Óleos essenciais, como d-limoneno, β-caroteno e hesperidina	Tsitsagi *et al*. (2018)
Hidrodestilação assistida por microondas	Cascas de citrinos	Óleos essenciais	Bustamante *et al*. (2016)
Diafiltração e osmose reversa	Polpa	Licopeno	De Souza *et al*. (2019)
Maceração e ultrassom	Flavedo e albedo do limão	Fenólicos e flavonóides	Gavahian *et al*. (2022)
Hidrofusão assistida por microondas	Cascas de laranja e limão	Óleos essencias	Auta *et al*. (2018)

O amargor nos resíduos de produtos cítricos é um dos principais desafios para sua valorização e uso em outros produtos alimentícios. Para enfrentar esse problema, podem ser necessários métodos para reduzir o amargor, como a aplicação de enzimas realizada por Singla *et al.* (2020) no bagaço de *Citrus reticulata* (kinnow) na produção de massas alimentícias nutricionalmente enriquecidas.

O grupo xantofila pertencente aos carotenóides é complexo e possui alta variação em sua estrutura, onde a disponibilidade de xantofilas é aumentada pela formação de ésteres de carotenóides, sendo necessário serem analisados logo após a saponificação (Murillo *et al*.,

2013), a qual é uma etapa de extração destinada a remover clorofilas e lipídeos para concentração de carotenóides que influencia diretamente na extração destes compostos (Irakli *et al*., 2011). Por outro lado, geralmente sementes são extraídas com combinação de técnicas, como extração com solventes e prensagem a frio (Zayed et al., 2021).

3.3. APLICAÇÕES DOS PRODUTOS DERIVADOS DE RESÍDUOS DE FRUTAS

Na indústria alimentícia, a extração de pectina a partir de resíduos cítricos tem sido amplamente aplicada como um ingrediente natural, proporcionando excelentes propriedades reológicas, como texturizante, na produção de alimentos (Putri *et al*., 2020; Foti *et al*., 2021). Frequentemente, as cascas de frutas cítricas são utilizadas como ingredientes em bebidas probióticas (Surti *et al*., 2022), e como pigmentos naturais (Mahato *et al*., 2018). Outro exemplo é a valorização das cascas de tangerina através da obtenção de um extrato rico em compostos fenólicos que possam ser aplicados no enriquecimento de pães (Gómez-Mejía *et al*.,2023). A aplicação dos compostos bioativos também pode ser em embalagens de alimentos (Andrade *et al*., 2019). Os óleos essenciais, que também podem ser extraídos dos resíduos de frutas cítricas, têm sido comprovados em várias pesquisas como eficazes na produção de filmes finos, microencapsulação com revestimentos de nanoemulsão, polímeros biodegradáveis e aplicações em spray, devido ao seu mecanismo de ação antibacteriana (Maqbool *et al*., 2023). De outra maneira, Jridi *et al*. (2019) utilizou extratos fenólicos obtidos dos resíduos de cascas de laranja para desenvolver filmes de gelatina como alternativa aos filmes sintéticos para embalagens. Dos resíduos de laranja pode ser aproveitado as fibras como suporte de fermentação semissólida (Bortoluzzi & Marangoni, 2006). Por outro lado, Gavahian et al. (2022) estudou a aplicação de resíduos de suco de limão, os quais podem originar extratos com alto potencial antioxidante, como efeito antidiabético na saúde humana. Além dos compostos bioativos, a reutilização de resíduos também pode ser usada na produção de nanofibras de celulose, como obtido através do uso de folhas de abacaxi por Ravindran *et al*. (2019), que também utilizou suco de limão para realizar a hidrólise ácida de forma a obter uma hidrólise *eco-friendly*. Os resíduos do processamento também podem ser aproveitados de outras formas, como na produção de biogás, biocarvão, biofertilizantes, bioadsorventes, indústria de cosmético e farmacêutica, e produtos químicos de base biológica (Battista *et al*., 2020; Jeong *et al*., 2021; Sing *et al*., 2022; Sher *et al*. 2023; Pal *et al*., 2024). Esse aproveitamento diversificado contribui para a sustentabilidade econômica e ambiental, agregando valor ao processo de valorização.

4. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

O aproveitamento de resíduos de sucos cítricos representa uma oportunidade significativa para promover a sustentabilidade e a economia circular. As práticas e tecnologias discutidas demonstram que é possível transformar resíduos em recursos valiosos, beneficiando tanto a economia quanto o meio ambiente.

Os resíduos, que incluem cascas, sementes e polpas, são abundantes na indústria de sucos e frequentemente subutilizados, apesar de conterem uma rica variedade de compostos bioativos como flavonoides, carotenoides, pectinas, ácidos fenólicos e óleos essenciais. Esses compostos são conhecidos por suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e potencialmente terapêuticas, o que os torna valiosos para diversas aplicações em alimentos funcionais. A extração e valorização desses compostos bioativos

dos resíduos de sucos cítricos não apenas reduzem o desperdício e os impactos ambientais associados, mas também oferecem oportunidades significativas para o desenvolvimento de novos produtos de alto valor agregado.

Para o futuro, é crucial continuar investindo em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar as técnicas de extração, identificar novos compostos bioativos de interesse e explorar novas aplicações potenciais. Além disso, iniciativas que incentivem a colaboração entre academia, indústria e governos são essenciais para impulsionar a inovação e a adoção dessas tecnologias no mercado global.

REFERÊNCIAS

[1] ALEXANDRE, E. M. C., MOREIRA, S. A., CASTRO, L. M. G., PINTADO, M., SARAIVA, J. A. Emerging Technologies to extract high added value compounds from fruit residues: sub/supercritical, ultrasound and enzyme-assisted extractions. **Food Reviews International**, 2017. DOI: 10.1080/87559129.2017.1359842

[2] AMAROWICZ, R., PEGG, R. B., RAHIMI-MOGHADDAM, P., BARL, B., WEIL, J. A., Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. **Food Chemistry**, v. 84, p. 551-562, 2004.

[3] ANDRADE, Mariana A. et al. Pomegranate and grape by-products and their active compounds: Are they a valuable source for food applications?. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 68-84, 2019.

[4] ANTICONA, Mayra et al. High biological value compounds extraction from citrus waste with non-conventional methods. **Foods**, v. 9, n. 6, p. 811, 2020.

[5] ARAPITSAS, Panagiotis. Hydrolyzable tannin analysis in food. **Food chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1708-1717, 2012.

[6] AUTA, Manase et al. Optimization of citrus peels D-limonene extraction using solvent-free microwave green technology. **Chemical Engineering Communications**, v. 205, n. 6, p. 789-796, 2018.

[7] AZMIR, J. et al. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review. **Journal of Food Eng.**, v. 117, p. 426-436, 2013.

[8] BALDWIN, Elizabeth A. et al. Effect of extraction method on quality of orange juice: hand-squeezed, commercial-fresh squeezed and processed. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 10, p. 2029-2042, 2012.

[9] BARRALES, Francisco Manuel et al. Recovery of phenolic compounds from citrus by-products using pressurized liquids—An application to orange peel. **Food and Bioproducts Processing**, v. 112, p. 9-21, 2018.

[10] BATTISTA, F. et al. Valorization of residual orange peels: limonene recovery, volatile fatty acids, and biogas production. ACS Sustain Chem Eng 8: 6834–6843. 2020.

[11] BERNHOFT, Aksel et al. Bioactive compounds in plants–benefits and risks for man and animals. **The Norwegian Academy of Science and Letters, Oslo**, p. 13-14, 2010.

[12] **BOCCO, A., CUVELIER, M. E., RICHARD, H., & BERSET, C. Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(6), 2123-2129, 1998.**

[13] BORTOLUZZI, Rodicler Cerezoli; MARANGONI, Cristiane. Caracterização da fibra dietética obtida da extração do suco de laranja. **Rev. Bras. Prod. Agroind**, v. 8, n. 1, p. 61-66, 2006.

[14] BOSSCHER, D. et al. Food-based strangies to modulate the composition of the intestinal microbiota and their associated health effects. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 60, p. 5-11, 2009.

[15] BUSTAMANTE, Julen et al. Microwave assisted hydro-distillation of essential oils from wet citrus peel waste. **Journal of cleaner production**, v. 137, p. 598-605, 2016.

[16] CASSANO, A., DE LUCA, G., CONIDI, C., DRIOLI, E. Effect of polyphenols-membrane interactions on the performance of membrane-based processes – A review. **Coordination Chemistry Reviews**, v. 351, p. 45-75, 2017.

[17] CASTRO-MUÑOZ, Roberto; FÍLA, Vlastimil. Membrane-based technologies as an emerging tool for separating high-added-value compounds from natural products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 82, p. 8-20, 2018.

[18] CAVALCANTI, R. N., SANTOS, D. T., MEIRELES, M. A. A. Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems – An overview. **Food Research International,** v. 44, p. 499-509, 2011.

[19] CHEN, Qun et al. Study of two-stage microwave extraction of essential oil and pectin from pomelo peels. **LWT-Food Science and Technology**, v. 66, p. 538-545, 2016.

[20] CONDE, Enma et al. Recovery and concentration of antioxidants from industrial effluents and from processing streams of underutilized vegetal biomass. 2013.

[21] CONIDI, C., CASSANO, A., DRIOLI, E. A membrane-based study for the recovery of polyphenols from bergamot juice. **Journal of Membrane Science**, v. 375, p. 182-190, 2011.

[22] DAI, J. MUMPER, R. J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. **Molecules**. Ed. 15, p. 7313-7352, 2010.

[23] DE LA LUZ CADIZ-GURREA, Maria et al. Revalorization of bioactive compounds from tropical fruit by-products and industrial applications by means of sustainable approaches. **Food research international**, v. 138, p. 109786, 2020.

[24] DE SOUZA, André Luis Rodrigues et al. Coupling membrane processes to obtain a lycopene-rich extract. **Journal of food processing and preservation**, v. 43, n. 11, p. e14164, 2019.

[25] DO NASCIMENTO, Nicole Novelli et al. Innovative strategy to improve β-carotene recovery from carrot peel extracts: ultrafiltration with layer-by-layer graphene oxide membrane coating. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, n. 12, p. 27115-27137, 2023.

[26] EL KANTAR, Sally et al. Pulsed electric field treatment of citrus fruits: Improvement of juice and polyphenols extraction. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 46, p. 153-161, 2018.

[27] EL KANTAR, Sally et al. Green extraction of polyphenols from grapefruit peels using high voltage electrical discharges, deep eutectic solvents and aqueous glycerol. **Food Chemistry**, v. 295, p. 165-171, 2019.

[28] FAO. **FAO Statistical Yearbook 2021: World Food and Agriculture**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.

[29] FENNEMA, Owen R.; DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L. Introduction to food chemistry. In: **Fennema's food chemistry**. CRC Press, 2017. p. 1-16.

[30] FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. et al. Application of functional citrus by-products to meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, n. 3-4, p. 176-185, 2004.

[31] FERREIRA, J.E.M. Estabilidade de carotenoides, fl avonoides e vitamina C em alimentos submetidos às tecnologias emergentes de processamento. 2011. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

[32] FERREIRA, Sandrine S.; SILVA, Amélia M.; NUNES, Fernando M. Citrus reticulata Blanco peels as a source of antioxidant and anti-proliferative phenolic compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 111, p. 141-148, 2018.

[33] FIGUEROA-ESPINOZA, Maria Cruz et al. Grape seed and apple tannins: Emulsifying and antioxidant properties. **Food chemistry**, v. 178, p. 38-44, 2015.

[34] FROMBAUM, Matthieu et al. Antioxidant effects of resveratrol and other stilbene derivatives on oxidative stress and NO bioavailability: Potential benefits to cardiovascular diseases. **Biochimie**, v. 94, n. 2, p. 269-276, 2012.

[35] GALANAKIS, C. M. et al. Ultrafiltration optimization for the recovery of glucan from oat mill waste. **Food Res. Int.** v, 65, p. 477-483, 2014.

[36] GAO, Zhao et al. Enrichment of polymethoxyflavones from Citrus reticulata 'Chachi'peels and their hypolipidemic effect. **Journal of Chromatography B**, v. 1124, p. 226-232, 2019.

[37] GAVAHIAN, Mohsen; YANG, Yu-Hsuan; TSAI, Pi-Jen. Power ultrasound for valorization of Citrus limon (cv. Eureka) waste: Effects of maturity stage and drying method on bioactive compounds, antioxidant, and anti-diabetic activity. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 79, p. 103052, 2022.

[38] GIROTTO, F., ALIBARDI, L., COSSU, R. Food waste generation and industrial uses: a review. **Waste management**, v. 45, p. 32-41, 2015.

[39] GOLMAKANI, Mohammad-Taghi; MOAYYEDI, Mahsa. Comparison of microwave-assisted hydrodistillation and solvent-less microwave extraction of essential oil from dry and fresh Citruslimon (Eureka variety) peel. **Journal of EssEntial oil rEsEarch**, v. 28, n. 4, p. 272-282, 2016.

[40] GÓMEZ-MEJÍA, Esther et al. Valorization of Citrus Reticulata Blanco Peels to Produce Enriched Wheat Bread: Phenolic Bioaccessibility and Antioxidant Potential. **Antioxidants**, v. 12, n. 9, p. 1742, 2023.

[41] GONZÁLEZ-MIQUEL, María; DÍAZ, Ismael. Valorization of citrus waste through sustainable extraction processes. In: **Food industry wastes**. Academic Press, 2020. p. 113-133.

[42] GONZÁLEZ-RIVERA, Jose et al. Novel configurations for a citrus waste based biorefinery: from solventless to simultaneous ultrasound and microwave assisted extraction. **Green chemistry**, v. 18, n. 24, p. 6482-6492, 2016.

[43] HAGIWARA, Keitaro et al. Olive polyphenol hydroxytyrosol prevents bone loss. **European journal of pharmacology**, v. 662, n. 1-3, p. 78-84, 2011.

[44] IGLESIAS-CARRES, Lisard et al. Optimization of a polyphenol extraction method for sweet orange pulp (Citrus sinensis L.) to identify phenolic compounds consumed from sweet oranges. **PLoS One**, v. 14, n. 1, p. e0211267, 2019.

[45] IGNAT, I. VOLF, I. POPA, V. I. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 126, p. 1821-1835, 2011.

[46] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática-SIDRA.** Produção Agrícola Municipal. Disponível: <www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=30&i=P> Acesso em 14 de outubro de 2019.

[47] IRAKLI, Maria N.; SAMANIDOU, Victoria F.; PAPADOYANNIS, Ioannis N. Development and validation of an HPLC method for the simultaneous determination of tocopherols, tocotrienols and carotenoids in cereals after solid-phase extraction. **Journal of separation science**, v. 34, n. 12, p. 1375-1382, 2011.

[48] ITDG. **Intermediate Technology Development Group**. Fruits wastes utilization. Disponível em: <www.itdg.org/docs/technical_information_service/fruit_waste_utilization.pdf#search=%22wastes%20fruits%22> Acesso em 14 de outubro de 2019.

[49] JEON, You-Jin; WIJESINGHE, W. A. J. P.; KIM, Se-Kwon. Enzyme-assisted extraction and recovery of bioactive components from seaweeds. **Handbook of marine macroalgae**, p. 221-228, 2011.

[50] JEONG, Deokyeol et al. Recent advances in the biological valorization of citrus peel waste into fuels and chemicals. **Bioresource Technology**, v. 323, p. 124603, 2021.

[51] JRIDI, Mourad et al. Investigation of physicochemical and antioxidant properties of gelatin edible film mixed with blood orange (Citrus sinensis) peel extract. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 21, p. 100342, 2019.

[52] KAPADIA, Govind J.; RAO, G. Subba. Anticancer effects of red beet pigments. In: **Red Beet Biotechnology: Food and Pharmaceutical Applications**. Boston, MA: Springer US, 2012. p. 125-154.

[53] KHAN, Muhammad Kamran et al. Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (Citrus sinensis L.) peel. **Food chemistry**, v. 119, n. 2, p. 851-858, 2010.

[54] KNEZ, Željko. Food processing using supercritical fluids. **Emerging and traditional technologies for safe, healthy and quality food**, p. 413-442, 2016.

[55] KUMAR, R., & VERMA, M. Supercritical CO2 Extraction of Essential Oils from Citrus Fruits. **Journal of Essential Oil Research**, 32(4), 267-274, 2020.

[56] KY, I., LE FLOCH, A., ZENG, L. PECHMAT, L., JOUDES, M., TEISSEDRE, P.L. Tannins. Reference module in food science. **Encyclopedia of food and health**, p. 247-255, 2016.

[57] LACHOS-PEREZ, D. et al. Subcritical water extraction of flavanones from defatted orange peel. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 138, p. 7-16, 2018.

[58] LANDETE, J. M. Updated knowledge about polyphenols: functions, bioavailability, metabolism, and health. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 52, n. 10, p. 936-948, 2012.

[59] LEAL, Patrícia F. et al. Sweet basil (Ocimum basilicum) extracts obtained by supercritical fluid extraction (SFE): Global yields, chemical composition, antioxidant activity, and estimation of the cost of manufacturing. **Food and Bioprocess Technology**, v. 1, p. 326-338, 2008.

[60] LIU, Y., & ZHAO, L. (2021). Enzymatic Extraction of Pectin from Citrus Waste. **Carbohydrate Polymers**, 245, 116509, 2021.

[61] LOPRESTO, Catia Giovanna et al. Process-intensified waste valorization and environmentally friendly d-limonene extraction. **Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration**, v. 4, p. 1-12, 2019.

[62] LU, Si-Yu et al. Effect of ultrasound, high-pressure processing, and enzymatic hydrolysis on carbohydrate hydrolyzing enzymes and antioxidant activity of lemon (Citrus limon) flavedo. **Lwt**, v. 138, p. 110511, 2021.

[63] MAQBOOL, Zahra et al. Citrus waste as source of bioactive compounds: Extraction and utilization in health and food industry. **Molecules**, v. 28, n. 4, p. 1636, 2023.

[64] MORALEZ-GONZÁLES, J.A. **Oxidative Stress and Chronic Degenerative Diseases – A Role for Antioxidants**. Ed. In Tech, Mexico, p. 512, 2013. ISBN 978-9753-51-1123-8.

[65] MOREIRA, Ana Vládia Bandeira; MANCINI-FILHO, Jorge. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, v. 17, p. 411-424, 2004.

[66] MURILLO, Enrique et al. Native carotenoids composition of some tropical fruits. **Food Chemistry**, v. 140, n. 4, p. 825-836, 2013.

[67] NIETO, Gema et al. Valorization of citrus co-products: Recovery of bioactive compounds and application in meat and meat products. **Plants**, v. 10, n. 6, p. 1069, 2021.

[68] NIRMAL, Nilesh Prakash et al. Valorization of fruit waste for bioactive compounds and their applications in the food industry. **Foods**, v. 12, n. 3, p. 556, 2023.

[69] OLIVEIRA, L. F. M., SALVADOR, A. A., & SILVA, C. P. Enhancing the stability of encapsulated orange essential oil by nanoemulsion. **Journal of Food Engineering**, 116(1), 200-204, 2013.

[70] ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA – **FAO/ONU**. Disponível em: <www.fao.org/brasil/pt/> Acesso 14 em outubro de 2019.

[71] OROIAN, M., ESCRICHE, I. Antioxidants: characterization, natural sources, extraction and analysis – review. **Food Research International**, v. 74, p. 10-36, 2015.

[72] PAL, Dan Bahadur et al. Characterization and sustainable utilization of Punica granatum and Citrus limetta peels: Insights for biomass valorization. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1-9, 2024.

[73] PALLET, Dominique et al. Aplicação da tecnologia de membranas no processamento de sucos de frutas brasileiras. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 2, p. 427-437, 2005.

[74] PANWAR, Divyani et al. Unraveling the scientific perspectives of citrus by-products utilization: Progress towards circular economy. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 549-562, 2021a.

[75] PANWAR, Divyani; PANESAR, Parmjit S.; CHOPRA, Harish K. Recent trends on the valorization strategies for the management of citrus by-products. **Food Reviews International**, v. 37, n. 1, p. 91-120, 2021b.

[76] PUTNIK, P. et al. Innovative "green" and novel strategies for the extraction of bioactive added value compounds from citrus wastes – a review. **Molecule**s, v. 22, p 1-24, 2017.

[77] RABELO, Renata S. et al. Ultrasound assisted extraction and nanofiltration of phenolic compounds from artichoke solid wastes. **Journal of food engineering**, v. 178, p. 170-180, 2016.

[78] RAFIQ, S., KAUL, R., SOFI, S. A., BASHIR, N., NAZIR, F., & Ahmad NAYIK, G. Citrus Peel as a Source of Functional Ingredient: A Review. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 17(4), 351-358, 2018.

[79] RAVINDRAN, L. SREEKALA, M. S., THOMAS S. Novel processing parameters for the extraction of cellulose nanofibers (CNF) from environmentally benign pineapple leaf fibers (PALF): Structure-property relationships. **International Journal of Bio. Mac**., v. 131, p. 858-870, 2019.

[80] RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. et al. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 6, p. 445-463, 2008.

[81] SANGIORGIO, Paola et al. Citrus as a multifunctional crop to promote new bio-products and valorize the supply chain. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 19, n. 10, p. 1869-1889, 2020.

[82] SANTANA, F. M., & OLIVEIRA, A. L. Incorporation of Flavonoids and Phenolic Acids from Citrus By-Products into Foods. **Food Research International**, 142, 110204, 2021.

[83] SARIC, T. et al. Anthelmintic effect of three tannin-rich Mediterranean shrubs in naturally infected sheep. **Small ruminant research**, v. 123, n. 1, p. 179-182, 2015.

[84] SHAHAT, Abdelaaty A.; MARZOUK, Mohamed S. Tannins and related compounds from medicinal plants of Africa. In: **Medicinal plant research in Africa**. Elsevier, 2013. p. 479-555.

[85] SHAHIDI, F. NACZK, M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Techonomic, 1995.

[86] SHAW, Diksha et al. Valorization of essential oils from citrus peel powder using hydro-distillation. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 32, p. 101036, 2023.

[87] SHER, Ali et al. Valorization and repurposing of Citrus limetta fruit waste for fabrication of multifunctional AgNPs and their diverse nanomedicinal applications. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 196, n. 4, p. 2067-2085, 2024.

[88] SHORBAGI, Mohamed et al. Citrus reticulata Blanco (the common mandarin) fruit: An updated review of its bioactive, extraction types, food quality, therapeutic merits, and bio-waste valorization practices to maximize its economic value. **Food Bioscience**, v. 47, p. 101699, 2022.

[89] SINGH, Tanim Arpit et al. Valorization of agro-industrial residues for production of commercial biorefinery products. **Fuel**, v. 322, p. 124284, 2022.

[90] SINGLA, Gisha et al. Enzymatic processing of Citrus reticulata (Kinnow) pomace using naringinase and its valorization through preparation of nutritionally enriched pasta. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, p. 3853-3860, 2021.

[91] SMITH, L., & BROWN, K.. Bioactive Compounds in Citrus By-Products and Their Potential Use in Functional Foods. **Journal of Food Science and Technology**, 59, 341-356, 2021.

[92] SOOD, A. GUPTA, M. Extraction process optimization for bioactive compounds in pomegranate peel. **Food Bioscience**, v. 12, p. 100-106, 2015.

[93] SOTO, M. L., MOURE, A., DOMINGUEZ, H. PARAJÓ, J. C. Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: a review. **J. Food Eng**., v. 105, p. 1-27, 2011.

[94] SURI, Shweta; SINGH, Anupama; NEMA, Prabhat K. Current applications of citrus fruit processing waste: A scientific outlook. **Applied Food Research**, v. 2, n. 1, p. 100050, 2022.

[95] SURI, Shweta; SINGH, Anupama; NEMA, Prabhat K. Recent advances in valorization of citrus fruits processing waste: A way forward towards environmental sustainability. **Food Science and Biotechnology**, p. 1-26, 2021.

[96] TEIGISEROVA, Dominika Alexa et al. A step closer to circular bioeconomy for citrus peel waste: A review of yields and technologies for sustainable management of essential oils. **Journal of Environmental Management**, v. 280, p. 111832, 2021.

[97] TRABELSI, Dhekra et al. Supercritical extraction from Citrus aurantium amara peels using CO2 with ethanol as co-solvent. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 117, p. 33-39, 2016.

[98] TRIPOLI, E. GUARDIA, M. L., GIAMMANCO, S., MAJO, D. D., GIAMMANCO, M. *Citrus* flavonoids: molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review. **Food Chemistry**, v. 104, p. 466-479, 2007.

[99] TSITSAGI, Mzia et al. Sequential extraction of bioactive compounds from tangerine (Citrus Unshiu) peel. **Annals of Agrarian Science**, v. 16, n. 2, p. 236-241, 2018.

[100] TYAGI, Amit Kumar et al. Chemical composition, in vitro anti-yeast activity and fruit juice preservation potential of lemon grass oil. **LWT-Food Science and Technology**, v. 57, n. 2, p. 731-737, 2014.

[101] VEGARA, Salud et al. Approaches to understanding the contribution of anthocyanins to the antioxidant capacity of pasteurized pomegranate juices. **Food Chemistry**, v. 141, n. 3, p. 1630-1636, 2013.

[102] VERMERRIES, W., NICHOLSON, R. **Phenolic compound biochemistry**. Springer Science & Business Media. Dordrecht, Holanda, 2006. ISBN 9781402051647.

[103] WANG, Ying et al. Distribution of phenolic components and their antioxidant capacity in strawberries. **Journal of Food Research**, v. 3, n. 2, p. 54-60, 2014.

[104] YU, Limei et al. Phenolics from hull of Garcinia mangostana fruit and their antioxidant activities. **Food chemistry**, v. 104, n. 1, p. 176-181, 2007.

[105] ZAYED, Ahmed; BADAWY, Marwa T.; FARAG, Mohamed A. Valorization and extraction optimization of Citrus seeds for food and functional food applications. **Food Chemistry**, v. 355, p. 129609, 2021.

[106] ZHANG, Hua; YANG, Yi-Fei; ZHOU, Zhi-Qin. Phenolic and flavonoid contents of mandarin (Citrus reticulata Blanco) fruit tissues and their antioxidant capacity as evaluated by DPPH and ABTS methods. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 1, p. 256-263, 2018.

[107] ZHAO, J., & HU, X. Water-Based Extraction of Pectin from Citrus Peels. **International Journal of Biological Macromolecules**, 160, 512-519, 2022.

[108] ZHENG, H., & WANG, X. Ultrasound-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Citrus Peels. Food **Bioprocess Technology**, 12, 1410-1423, 2019.

Capítulo 4

Análise sensorial de ovos: uma revisão bibliográfica

Déborah Cristina Barcelos Flores
Andressa Inês Schú
Naila Peil Marcuzzo
Flávia Michelon Dalla Nora
Alessandra Stangherlin de Oliveira
Marianna Pozatti Martins de Siqueira
Bruna Nichelle Lucas

Resumo: O ovo consiste em um produto muito consumindo no mundo todo, tanto de maneira direta como empregado na produção de diversos alimentos. O alto consumo é devido à sua composição, como proteínas e ácidos graxos de elevado valor biológico, baixo custo e facilidade no preparo. Existem inúmeras maneiras de conduzir a produção de ovos, sendo que a alimentação fornecida às galinhas poedeiras influencia diretamente nas características que os ovos apresentarão, e, consequentemente na aceitação pelos consumidores. Desta maneira, este estudo visa compreender o estado da arte relativo à análise sensorial de ovos. A metodologia empregada consistiu em uma análise bibliográfica, buscando-se em bases de dados científicos. Não foram aplicados filtros a fim de observar a evolução das pesquisas ao longo dos anos. Observou-se que as análises sensoriais são conduzidas por meio de diferentes testes e escalas, com painelistas treinados ou não, uma vez que análises sensoriais englobam fatores subjetivos difíceis de compilar, mas que auxiliam em muito na definição do impacto e a viabilidade de diferentes tratamentos aplicados.

Palavras-chave: análise sensorial, ovos, qualidade, galinhas poedeiras.

1. INTRODUÇÃO

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) recomenda que o termo 'ovo' seja reservado para se referir ao ovo de galinha em casca, enquanto outros tipos de ovos devem ser acompanhados de uma designação de espécie (Brasil, 1990). O ovo de mesa é o produto da eficiente transformação biológica realizada pela ave de postura, que consegue utilizar recursos alimentares de menor valor biológico e convertê-los em produtos com alta qualidade nutricional para consumo humano (Bertechini, 2004).

Os ovos de galinha são um alimento essencial e de consumo diário em todo o mundo. É uma excelente fonte de proteínas de alta qualidade, e é considerado superior a outros produtos de origem animal, como leite e a carne (Medina-Cruz et al., 2024). Sua relevância é amplamente destacada pela sua ampla disponibilidade para todas as classes sociais no Brasil, pois é um alimento de fácil acesso devido ao seu baixo custo comercial, o que contribui para melhorar os aspectos nutricionais da dieta das famílias de baixa renda (Ribeiro et al., 2015).

O ovo é um alimento nutricionalmente rico e completo, possui quantidades significativas de proteínas (12,3%), lipídios (11,9%), vitaminas (exceto a vitamina C), minerais e oligoelementos (Nys; Sauveur, 2004). É considerado um alimento rico, pois possui todos os aminoácidos essenciais, ácidos graxos essenciais, e uma ampla quantidade de diferentes tipos de vitaminas e minerais necessários para o crescimento e desenvolvimento inicial. A composição do ovo depende de vários fatores tais como: idade, tamanho, alimentação, estado sanitário das aves, sendo importante ressaltar que a idade influencia apenas no tamanho do ovo e não na composição dele. A gema é constituída normalmente de 50% de água sendo também muito rica em gorduras e proteínas e pobre em carboidratos. A gordura da gema é composta por colesterol, 5% do total gorduroso, e, sobretudo, por triacilgliceróis e fosfolipídios. O conteúdo total de lipídios do ovo é de apenas 11% do seu peso, o conteúdo de ácidos graxos saturados é baixo, tanto em valores absolutos (1,7 g por unidade), quanto em valores relativos (cerca de 31%) dos lipídios totais (Omer; Hailu; Whiting, 2022).

A casca tem, em média, 5,6 g de matéria inorgânica, sendo que a maior parte é carbonato de cálcio (98%). O restante da matéria orgânica é composta por carbonato de magnésio e fosfato tricálcico. A clara corresponde a dois terços do volume do ovo sem casca. Composta basicamente de água, contém 10% de proteína, alguns minerais, glucose e lipídios (Sarcinelli; Venturini; Da Silva, 2007). A composição pode sofrer grande variabilidade, dependendo do tipo de alimentação. Além de ser um alimento nutritivo, o ovo também é de fácil acesso a população, sendo uma fonte de proteína com custo/benefício barato. Estima-se que no Brasil cada habitante consome aproximadamente 238 ovos por ano (ABPA, 2023).

O Brasil é um dos maiores produtores de ovos no mundo, que apresentou produção superior a 52 bilhões de ovos no ano de 2022. A grande maioria desses ovos é destinada ao mercado interno brasileiro (99,56%) e somente 0,44% da produção é exportada (ABPA, 2023).

Para o consumo de ovos, algumas características são cruciais para determinar sua qualidade, podendo variar de acordo com a preferência do consumidor, tais como a cor da casca e a resistência a quebra, tamanho do ovo, cor da gema e textura do albúmen (Berkhoff et al., 2020; Hammershøj; Steenfeldt, 2015). Essas características podem variar de acordo com o sistema de criação de galinhas poedeiras e também com a alimentação (Berkhoff et al., 2020). Os consumidores estão cada dia mais atentos e exigentes em

relação à qualidade dos ovos que consomem. Sendo assim, é importante conhecer e entender a percepção do consumidor, através da análise sensorial dos ovos de galinha (Vieira et al., 2021).

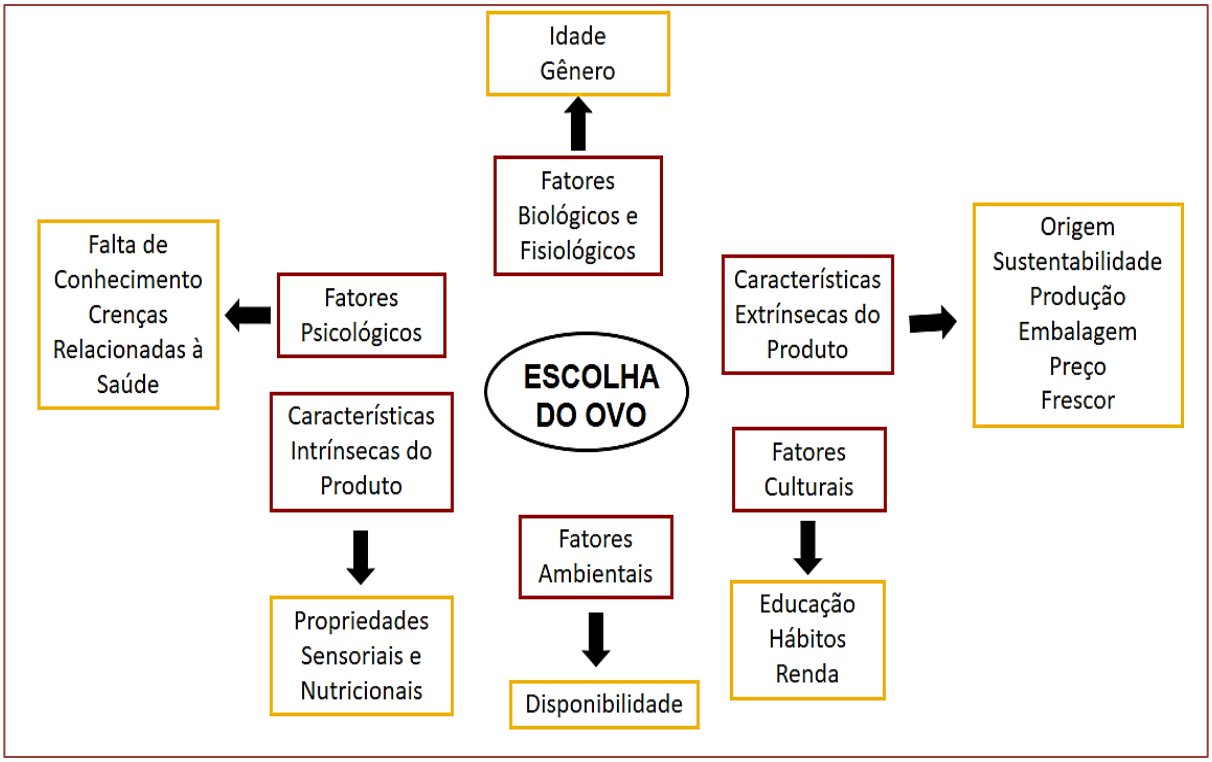
Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a análise sensorial pode ser definida como uma ciência quantitativa usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações resultantes da interação do alimento com os órgãos do sentido visão, audição, tato, paladar e olfato (ABNT, 1993). Desta forma, a análise sensorial possui grande importância para definir as características de maior aceitação em ovos para o consumidor.

Nesse contexto, o trabalho tem como objetivo abordar uma revisão bibliográfica sobre a qualidade e análise sensorial de ovos, evidenciando a influência na escolha dos ovos pelos consumidores, auxiliando no desenvolvimento do setor.

2. DESENVOLVIMENTO

Cada vez mais a população tem se preocupado com o consumo de alimentos mais saudáveis, que sejam produzidos respeitando as boas práticas de bem-estar animal, bem como o impacto que essa cultura causa sobre o meio ambiente. Além disso, diversos outros motivos influenciam o comportamento, a percepção e as preferências dos consumidores em relação aos ovos. A seguir é demonstrado um esquema sobre os principais fatores que norteiam o consumo de ovos (Figura 1), com base em estudos empíricos realizados por Rondoni, Asioli, Millán (2020).

Figura 1- Fatores que direcionam o consumo de ovos



Fonte: Adaptado de Rondoni, Asioli, Millán (2020).

Os autores constataram que os fatores extrínsecos, intrínsecos e socioculturais determinam a compra e consumo de ovos de galinha. Além disso, o preço do produto e a falta de informação sobre os ovos obtidos por diferentes métodos de produção, bem como suas propriedades sensoriais, são fatores que também interferem no momento da compra e consumo de ovos (Rondoni; Asioli; Millán, 2020).

2.1. QUALIDADE DOS OVOS

A qualidade dos ovos pode ser definida em relação a diversos parâmetros, indo desde a qualidade sensorial, microbiológica, físico-química e toxicológica, sendo que algumas características são bastante valorizada, tais como os atributos sensoriais relacionados ao sabor e cor e os nutricionais relacionados a composição por nutrientes contidos no ovo, somados aos aspectos sanitários que consideram a segurança alimentar do consumidor.

O ovo é um alimento perecível cuja qualidade interna diminui rapidamente após a postura e durante o armazenamento. Portanto, a perda de qualidade é um processo contínuo e inevitável que pode ser acelerado por diversos fatores (Saccomani, 2015). A qualidade dos ovos após a postura pode ser dividida em duas categorias: externa e interna. A qualidade externa refere-se aos aspectos da casca, incluindo sua estrutura e higiene. Já a qualidade interna está relacionada aos aspectos do albúmen, da gema, da câmara de ar e dos atributos sensoriais (Poletti, 2017).

Os parâmetros utilizados para medir a qualidade interna dos ovos são perda de peso, unidade de Haugh (HU), pH do albúmen e da gema, e índice de gema (YI).

2.2. ANÁLISE SENSORIAL EM OVOS

A avaliação sensorial em ovos é feita para analisar características sensoriais específicas como aroma, aparência da gema, cor da gema, textura, tanto da gema como do albúmen, sabor, frescor dos ovos e aceitação geral, e, também, podem ser feitos testes de preferência através da escala hedônica, onde a opinião dos consumidores é avaliada (Berkhoff et al., 2020; Carolyn et al., 2019; Hammershøj; Steenfeldt, 2015). Para evitar respostas tendenciosas em relação à cor, como por exemplo a cor da gema, podem ser utilizadas lâmpadas de cores diferentes: vermelha para avaliar os demais descritores e branca para avaliar a cor (Hammershøj; Steenfeldt, 2015).

Para a realização de análises sensoriais, a etapa de preparo dos ovos é crucial, com o objetivo de garantir que este processo não interfira na avaliação, ou seja, deve ser padronizado entre todas as amostras avaliadas. Geralmente a etapa de preparo é feita empregando o método de cocção com calor úmido, no qual os ovos são colocados em água a 100 °C por um tempo determinado entre 7 a 12 minutos (Berkhoff et al., 2020; Carolyn et al., 2019). Os autores Hammershøj e Steenfeldt (2015) determinaram um regime de tempo de acordo com o peso do ovo: se o peso do ovo for <46 g, ferve-se por 10 min; se 46 g <peso do ovo <51 g, ferve-se por 11 min; e se o peso do ovo for >51 g, ferve-se por 12 min. Após o cozimento, os ovos são resfriados, descascados e cortados ao meio ou em quatro pedaços. Por fim, as amostras são codificadas e apresentadas aos painelistas.

2.3. PAINEL DE TREINAMENTO

O painel de treinamento é constituído por juízes/painelistas, podendo variar de 8 a 30 julgadores, homens e/ou mulheres, treinados ou não treinados, e a idade varia também. O treinamento dos painelistas é feito a partir de técnicas de avaliação em ovos, como a degustação, o treinamento é dividido em sessões de tempos variados. É apresentado o método de avaliação aos julgadores, como diferença em relação ao controle ou em escala de intensidade, a metodologia pode variar. Ainda, os painelistas são instruídos a limparem o paladar com biscoitos de água e sal e/ou água em temperatura ambiente entre as amostras (Berkhoff et al., 2020; Goldberg et al., 2016; Lin et al., 2021).

2.4. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

As características avaliadas vão depender da metodologia utilizada para a análise sensorial, mas comumente são avaliadas características como cor, aroma, sabor e textura. Lin et al., (2021) avaliaram a cor, aroma, textura, sabor e aceitação global da clara e da gema do ovo em relação à amostra controle. E para pontuação utilizou a escala hedônica de nove pontos (1 a 9), onde: 1 = desgostei extremamente; 2 = desgostei muito; 3 = desgostei moderadamente; 4 = desgostei ligeiramente; 5 = nem gostei nem desgostei; 6 = gostei um pouco; 7 = gostei moderadamente; 8 = gostei muito; 9 = gostei extremamente. No trabalho dos autores Xie et al., (2019) também foi aplicado um teste sensorial de escala hedônica linear de nove pontos. Porém, não foram analisados tributos específicos, somente o ovo de uma forma geral.

Os autores Hammershøj & Steenfeldt (2015) avaliaram o aroma, a aparência, a textura e o sabor de ovos cozidos. Ao total, os autores utilizaram 23 descritores diferentes para a avaliação, sendo eles: para aroma de ovo inteiro - ‘fresco, sulfuroso, agrião, sujo e ácido; para aparência de gema - 'cor'; para textura do albúmen - 'dureza na primeira mordida, dureza na mastigação, coesão'; para textura da gema - 'secura'; para sabor de albumina - 'fresco, doce, sulfuroso, agrião, sujo e aguado'; e para sabor de gema - 'fresco, doce, enxofre, agrião, sujo, ácido e amargo'. Cada descritor foi avaliado por uma escala de 15 notas. Por fim, foi atribuída uma nota subjetiva de “gosto” por cada juiz para cada amostra numa escala que variava de 0 a 9.

Já no trabalho de Goldberg et al., (2016), os painelistas avaliaram somente o aroma e o sabor de cada uma das amostras de ovos, onde desenvolveram um vocabulário acordado de atributo. O vocabulário descritivo final acordado consistiu em 7 atributos de aroma e 6 atributos de sabor. Outros produtos foram avaliados para serem utilizados como pontos de referência para cada tributo, sendo eles: ovos comerciais cozidos, laticínios, caldo de galinha, tabletes de alga marinha e solução salina. Os atributos de aroma e sabor de diferentes amostras foram pontuados em escalas não estruturadas de 15 cm de 0 (baixo) a 15 (alto).

Por fim, os autores Berkhoff et al., (2020) avaliaram em seu estudo os parâmetros de aparência, cor da gema, cor branca, aroma geral, sabor geral e textura. Os painelistas avaliaram os ovos em uma escala de intensidade de linha contínua não estruturada (escala de Karlsruhe) variando de 0 a 9 (nenhuma a muito intensa) e ancorada em ambas as extremidades com extremos para cada atributo.

3. ANÁLISE SENSORIAL DE OVOS

Tendo em vista as mudanças de preferências dos consumidores por ovos nos últimos anos, Berkhoff et al., (2020) avaliaram os hábitos de consumo de ovos e as escolhas por ovos de granja e ovos caipiras de moradores da região de Los Rios no Chile por meio de análise sensorial. Para a análise sensorial foram avaliados quatro tipos de ovos: ovos de casca marrom (BrF) e de casca azul (BlF), ambos provenientes de fazendas familiares locais da região de Los Ríos, e também foram analisados sensorialmente ovos caipiras ou ovos de galinhas livres de gaiola (FR) e ovos de casca branca (WC) provenientes de sistemas industriais. Os parâmetros avaliados foram aparência, cor da gema, cor branca, aroma geral, sabor geral e textura. Os provadores avaliaram os ovos em uma escala de intensidade de linha contínua não estruturada (escala de Karlsruhe) variando de 0 a 9 (nenhuma a muito alta intensidade).

Em relação aos resultados, não foram encontradas diferenças na percepção do consumidor em relação à cor branca, sabor geral e textura ($P > 0,05$) entre os ovos de sistema industrial em relação aos ovos caipira. As pontuações gerais de odor tenderam a ser mais altas para os ovos caipira do que para o resto dos tipos de ovos. No entanto, em relação à aparência dos ovos e cor da gema, os avaliadores preferiram os ovos de casca marrom (BrF) e de casca azul (BlF). Em relação a aparência dos ovos, alguns fatores podem explicar porque foi perceptível a diferença entre os ovos caipiras e de indústria como a perda de qualidade interna dos ovos durante o armazenamento e também devido a genética e alimentação das galinhas. No que se refere a cor da gema, sabe-se que a cor da gema de ovos de granja possui uma coloração mais clara e os ovos caipiras com gemas mais alaranjadas em função da alimentação, saúde, stress e da disponibilidade de carotenoides na alimentação. Os carotenoides estão presentes nas gramíneas, fonte de alimento disponível para galinhas caipiras. Nesse sentido, o trabalho de Berkhoff et al., (2020) colabora com as pesquisas que visam melhorar a qualidade de ovos.

Devido à preocupação com consumo de ácidos graxos benéficos para a saúde, principalmente os da família ômega, crescem as pesquisas que visam melhorar o perfil de ácidos graxos de ovos através da alimentação das galinhas. No entanto, a adição de outros componentes à ração convencional pode trazer algumas modificações na qualidade sensorial dos ovos. Nesse sentido, Goldberg et al., (2016) analisaram a composição de ácidos graxos e a qualidade sensorial dos ovos resultantes de dietas contendo 24% de farelo de canola, 7,5% de óleo de linhaça, ambos ou nenhum (controle). Os autores realizaram a análise dos ácidos graxos e para a análise sensorial foi aplicado um teste de análise quantitativa descritiva (ADQ) com painel treinado. Os autores observaram alteração em todos os ácidos graxos devido à inclusão do óleo de linhaça, exceto o ácido esteárico e o ácido docosapentaenóico. Em relação a adição do farelo de linhaça, apenas o ácido esteárico foi afetado. Também foi observado diferença significativa entre farelo de linhaça e farelo de canola para os ácidos graxos linoleico e ácidos graxos poli-insaturados ômega-6 totais (PUFA). Ainda, 8 provadores treinados avaliaram 7 aromas atribuídos ao ovo cozido: 'ovo', 'cremoso', 'amanteigado', 'salgado', 'doce', 'celeiro' e 'oceânico'. E avaliaram também 6 sabores: 'ovo', 'cremoso', 'amanteigado', 'salgado', 'caldo' e 'oceânico'. Não foram encontradas diferenças significativas ($P> 0,05$) nos atributos de aroma entre ovos de diferentes tratamentos dietéticos. Os atributos sabor de ovo e cremoso exibiram uma diminuição significativa, enquanto o sabor oceânico aumentou significativamente entre os tratamentos ($P<0,05$) (Goldberg et al, 2016).

Ainda no estudo descrito anteriormente foi feita a análise de mínimos quadrados, a qual apresentou uma correlação entre o sabor oceânico e os ácidos graxos poli-insaturados

(PUFA), principalmente o ômega-3. Os atributos sabor de ovo, cremoso e amanteigado foram mais correlacionados com a presença de PUFA ômega-6 e ácido palmítico. Nesse sentido, fica evidenciado a possibilidade de alterações no perfil de ácidos graxos e na qualidade sensorial em ovos de galinhas alimentadas com farelo de canola e óleo de linhaça. No entanto, os autores ainda recomendam mais testes com consumidores a fim de avaliar a aceitação dos ovos (Goldberg et al, 2016).

Ademais, Konkol et al., (2024) investigaram o efeito da farinha de colza fermentada no desempenho, na qualidade dos ovos, na morfometria intestinal, na viscosidade do conteúdo intestinal e na disponibilidade total de fósforo de ovos. O farelo de colza fermentado é um bom substituto ao farelo de soja na alimentação de aves, uma vez que, o processo de fermentação reduz a quantidade de fatores antinutricionais, auxilia na absorção dos nutrientes e produz efeitos probióticos ao farelo de colza. Para o experimento, as aves foram divididas em grupos e receberam 3 formulações: o grupo controle não recebeu farinha de colza, o grupo URSM recebeu 3% de farinha de colza não fermentada e o grupo FRSM recebeu 3% de farinha de colza fermentada (Konkol et al., 2024).

No geral, os autores concluíram que o uso de FRSM melhorou os parâmetros histomorfométricos do intestino delgado, a disponibilidade de fósforo foi maior e a viscosidade do conteúdo intestinal foi menor. No que se refere à qualidade dos ovos, a espessura da casca foram as mais elevadas no grupo FRSM mas sem diferença significativa. Ainda, a partir da análise sensorial realizada, os provadores avaliaram melhor a aparência dos ovos oriundos do grupo FRSM e controle, e perceberam sabores estranhos nos ovos do grupo URSM. Tendo em vista que a adição de algumas matérias-primas pode afetar os parâmetros sensoriais, os autores concluíram que a adição de farelo de colza fermentado não tem efeito negativo nos parâmetros sensoriais dos ovos, mas ainda é necessário mais estudos para determinar o teor ideal de adição do farelo na ração das aves (Konkol et al., 2024).

Em paralelo a isso, Krawczyk, Przywitowski, Mikulski (2015) avaliaram o efeito da adição de tremoço amarelo *(L. luteus*) no perfil de ácidos graxos da gema do ovo, nas propriedades físico-químicas e sensoriais dos ovos e no desempenho de galinhas poedeiras alimentadas com diferentes níveis de incremento. As galinhas foram alimentadas com quatro dietas suplementadas com 0 (controle), 100, 200 e 300 g/kg de farinha de tremoço amarelo (YLM) em substituição ao farelo de soja. Os autores concluíram que a inclusão de YLM não afetou a postura das aves, o consumo de ração, a conversão alimentar, o peso dos ovos, a qualidade da casca e do albúmen. No entanto, o peso corporal final das aves foi maior naquelas alimentadas com YLM em relação ao controle.

No que se refere aos atributos sensoriais, 6 provadores treinados avaliaram sensorialmente os ovos através de um teste de análise descritiva quantitativa. Onze atributos relacionados à cor, aroma, sabor e sensação na boca (aderência) dos ovos foram avaliados e a intensidade percebida para cada um dos atributos foi marcada utilizando uma escala gráfica de 10 cm de comprimento (da menor intensidade à maior intensidade do atributo). As gemas dos ovos com a maior inclusão de YLM apresentaram também a maior intensidade na cor, no entanto, não foi observado diferença significativa com os tratamentos nos atributos aroma, sabor e textura dos ovos. Por fim, em relação ao perfil de ácidos graxos, a inclusão de YLM causou um aumento nos níveis de ácidos graxos poli-insaturados. Nesse sentido, a farinha de tremoço amarelo no nível de 300 g/kg pode ser utilizada na dieta de galinhas poedeiras como substituto parcial do farelo de soja sem

comprometer o desempenho das aves, as propriedades sensoriais e qualidade de ovos (Krawczyk; Przywitowski; Mikulski, 2015).

No trabalho dos autores Sedoski et al., (2012), realizaram a avaliação sensorial de ovos nutricionalmente enriquecido com óleos ricos em ω-3 (algas, menhaden, linhaça, óleo de canola e uma mistura destes com óleo de krill). Os ovos foram avaliados por um painel de consumidores de 56 participantes quanto à cor, odor, sabor, textura entre os dedos, sensação na boca e aceitabilidade geral com uma escala de 9 pontos (1 = desgostei extremamente; 9 = gostei extremamente). Os painelistas também classificaram as amostras de acordo com sua preferência. Foram relatadas diferenças nos atributos entre as amostras, mas todas as amostras foram percebidas positivamente, com uma pontuação média combinada de aceitabilidade geral de 5,9. Os resultados da classificação apoiam esta conclusão sem diferenças significativas na preferência (P>0,05). Os resultados indicaram que, os ovos experimentais foram aceitos pelos consumidores no mesmo nível que os ovos inteiros misturados e sugerem potencial de mercado para este tipo de produto.

No estudo de Tadeo (2024), foi examinado o efeito dos melhoradores naturais de ovos, em relação à qualidade e os atributos sensoriais dos ovos de galinha nativos. A pesquisa envolveu 96 galinhas nativas, que foram alimentadas com diferentes intensificadores de ovos, incluindo ração pura formulada sem aditivos, intensificador de ovos comerciais, semente de urucum em pó, açafrão em pó e pimenta vermelha em pó a 1%. Os painelistas de avaliação sensorial, foram no total 100 avaliadores, oriundos de escolas secundárias, faculdades, professores e consumidores em geral.

Os ovos cozidos oferecidos para os painelistas, foram avaliados a termo de aparência/cor, sabor, aroma, sabor residual e aceitabilidade geral. Os resultados mostraram que o peso da gema, o peso do albúmen e a espessura da casca do ovo não foram significativamente diferentes entre os tratamentos. No entanto, a cor da gema foi significativamente diferente entre os tratamentos, com semente de urucum, açafrão e pimenta vermelha, classificados como amarelo escuro, apresentando cor da gema significativamente maior em comparação com os tratamentos controle e comercial. O estudo também descobriu que a semente de urucum, açafrão e pimenta vermelha, podem melhorar a cor da gema dos ovos, fornecendo carotenoides e outros antioxidantes às aves. Isso é importante, pois os consumidores geralmente preferem ovos com gema de cor mais escura. O estudo também avalia a análise sensorial de alunos do último ano do ensino médio, universitários e professores, sobre a avaliação de ovos de galinha nativos administrados com intensificadores de ovos. Os resultados indicaram que não houve diferenças significativas na aparência, sabor, aroma, gosto residual e aceitabilidade geral entre os tratamentos com classificação descritiva de “gostei moderadamente” com base na escala hedônica.

4. CONCLUSÃO

O ovo é uma fonte de proteína de alto valor biológico amplamente consumida em todo o mundo. O aumento do consumo per capita tem impulsionado pesquisas voltadas para a melhoria da qualidade e aperfeiçoamento da percepção sensorial deste produto.

As análises sensoriais de ovos são conduzidas principalmente para avaliar a qualidade e as características gerais dos ovos após o enriquecimento com diferentes componentes bioativos, bem como para examinar o impacto dessas mudanças nas propriedades sensoriais dos ovos. O enriquecimento dos ovos com compostos bioativos que trazem

benefícios à saúde dos consumidores pode aumentar a aceitação dos produtos derivados de ovos.

O uso de novos ingredientes alimentares na dieta de galinhas poedeiras deve ser cuidadosamente considerado devido às possíveis alterações nos atributos sensoriais dos ovos. Por isso, as análises sensoriais devem ser uma parte essencial das pesquisas sobre ovos enriquecidos com diferentes compostos bioativos.

REFERÊNCIAS

[1] ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2023**. Disponível em: < https://abpa-br.org/relatorio/2023/>.

[2] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas –. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologias**, 1993.

[3] BERKHOFF, J.; ALVARADO-GILIS, C.; KEIM, J.P.; ALCALDE, J.A.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E.; GANDARILLAS, M., Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. **Poultry Science**, v. 99, n.11, p. 6239-6246, 2020.

[4] BERTECHINI, A. G**. Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.

[5] BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº1, de 21 de fevereiro de 1990.** Normas Gerais de Inspeção de Ovos e Derivados, propostas pela Divisão de Inspeção de Carnes e Derivados. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 fev. 1990.

[6] GOLDBERG, E.M.; RYLAND, D.; ALIANI, M.; HOUSE, J.D. Interactions between canola meal and flaxseed oil in the diets of White Lohmann hens on fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs. **Poultry Science**, v. 95, n.8, p. 1805-1812. 2016.

[7] HAMMERSHØJ M.; STEENFELDT, S. Organic egg production. II: The quality of organic eggs is influenced by hen genotype, diet and forage material analyzed by physical parameters, functional properties and sensory evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 208, p. 182-197, 2015.

[8] KONKOL, D., POPIELA, E.; OPALIŃSKI, S.; LIPIŃSKA, A., TYMOSZEWSKI, A.; KRASOWSKA, A.; ŁUKASZEWICZ, M.; KORCZYŃSKI, M. Effects of fermented rapeseed meal on performance, intestinal morphology, the viscosity of intestinal content, phosphorus availability, and egg quality of laying hens. **Poultry Science**, v. 103. n.1, 103256, 2024.

[9] KRAWCZYK, M.; PRZYWITOWSKI, M.; MIKULSKI, D. Effect of yellow lupine (*L. luteus*) on the egg yolk fatty acid profile, the physicochemical and sensory properties of eggs, and laying hen performance. **Poultry Science**. v. 94, n.6, p. 1360-1367, 2015.

[10] LIN, C-M.; HERIANTO, S.; CHEN, H-L.; CHIU, Y-C.; HOU, C-Y. The application of a novel non-thermal plasma device with double rotary plasma jets for inactivation of *Salmonella* Enteritidis on shell eggs and its effects on sensory properties. **International Journal of Food Microbiology**, v. 355, 109332, 2021.

[11] MEDINA-CRUZ, M.F.; ZÁRATE-CONTRERAS, D.; PÉREZ-RUIZ, R.V.; AGUILAR-TOALÁ, J.E.; ROSAS-ESPEJEL, M.; CRUZ-MONTERROSA, R.G. Nutritional aspects, production and viability in the market of organic chicken eggs: Review. **Food Chemistry Advances**, v.4, 100595, 2024.

[12] OMER, A.; HAILU, D.; WHITING, S.J. Egg consumption of children under two years of age through a child-owned poultry and nutrition intervention in rural Ethiopia: A community-based randomized controlled trial. **Journal of Agriculture and Food Research**, v.9, 100354, 2022.

[13] POLETTI, B. **Vida de prateleira de ovos de poedeiras com diferentes idades de postura em sistema orgânico de produção.** Porto Alegre – RS. 2017. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
RIBEIRO, M. S, N. G. et al. Diagnóstico da condição de comercialização de ovos em Sinop –MT. **Scientifc Electronic Archives**, v. 8, n. 3, 2015.

[14] RONDONI, A.; ASIOLI, D.; MILLAN, E. Consumer behaviour, perceptions, and preferences towards eggs: A review of the literature and discussion of industry implications. **Trends in Food Science & Technology**. v. 106, p. 391-401, 2020.

[15] SACCOMANI, A. P. O. **Qualidade físico-química de ovos de poedeiras criadas em sistema convencional, cage-free e freerange**. Dissertação. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, 2015.

[16] SARCINELLI, M.F.; VENTURINI, K.S.; Da SILVA, L.C. Características dos Ovos . **Boletim Técnico - PIE-UFES:00707**. Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

[17] SEDOSKI, H.D.; BEAMER, S.K.; JACZYNSKI, J.; PARTINGTON, S.; MATAK, K.E. Sensory evaluation and quality indicators of nutritionally-enhanced egg product with ω-3 rich oils. **LWT**, v. 47, n.2, p. 459-464, 2012.

[18] TADEO, D.B. Enhancing the Quality and Sensory Characteristics of Native Chicken (*Gallus gallus*) Eggs Using Natural Additives. **European Journal of Theoretical and Applied Sciences**, v.*2*, n.3, p. 24-31, 2024.

[19] VIEIRA, R.B.; LOPES, C.C.; SOUZA, T.; SANTOS, G.C.; CALIXTO, E.S.; SILVA, T.A.S.; SILVA, H.J. Perfil do consumidor e análise sensorial de ovos, industriais e caipiras comercializados no município de Parintins/AM. **Brazilian Journal of Development,** Curitiba, v.7, n.10, p.95038-95050, 2021.

Capítulo 5

Aplicação de butiá (Butia odorata), mirtilo (Vaccinium spp.) e seus derivados em sorvetes: uma revisão sistemática

Calinca Skonieski
Neila Silvia Pereira dos Santos Richards
Eliezer Avila Gandra

Resumo: Existe um crescente interesse pelos consumidores por alimentos que melhoram a saúde, devido a essa necessidade, pesquisas que visam o desenvolvimento de alimentos funcionais ganham repercussão. O sorvete é considerado o produto lácteo congelado mais popular no Brasil, e uma possível alternativa para aprimorar os atributos nutricionais do sorvete é a incorporação de frutas como o butiá e o mirtilo, que apresentam nutrientes diferenciados e inúmeras substâncias bioativas. No entanto, esse produto alimentar com frutas além de fornecer componentes benéficos e essenciais à saúde, precisa apresentar características sensoriais atrativas. Assim, este trabalho tem como objetivo revisar na bibliografia disponível os efeitos da aplicação de butiá, mirtilo e seus derivados nas características físico-químicas, funcionais e sensoriais de sorvetes. Para isso, foi realizado uma revisão sistemática utilizando as bases de dados: *Scopus*, *Web of Science* e *Pubmed*, com os descritores: "*ice cream*" *AND* "butiá" *OR* "*blueberry*". Nos resultados foi possível observar que a aplicação de butiá e mirtilo apresentou aceitabilidade sensorial, entretanto mais estudos precisam ser realizados com objetivo de aprimorar a formulação e o processo de fabricação de um sorvete funcional, visando também atender às preferências do consumidor em relação ao sabor, textura e outras características sensoriais importantes. Além disso, é fundamental conduzir testes de estabilidade ao longo da vida útil do produto, com objetivo de validar a eficácia dos compostos bioativos do sorvete funcional por meio de estudos clínicos em humanos e em modelos animais.

Palavras-chave: sobremesa, frutas, produto lácteo, alimento funcional.

1. INTRODUÇÃO

O Sorvete é considerado um gelado comestível, que por definição é um alimento derivado de uma mistura de gorduras e proteínas, podendo conter ou não outros elementos adicionais, ou então de uma combinação de água, açúcares e outros componentes que foram submetidos ao processo de congelamento, com medidas adequadas para preservar o produto no estado congelado ou parcialmente congelado durante seu armazenamento, transporte, venda e consumo. Após a combinação dos ingredientes, o produto é submetido a um processo de pasteurização e congelamento, visando a manutenção da sua integridade físico-química e de características sensoriais durante o armazenamento, transporte e consumo. Esse processo tem como objetivo garantir a estabilidade e a retenção adequada da estrutura cristalina do sorvete, resultando em um produto final com textura, sabor e qualidade sensorial desejáveis (Oliveira et al., 2008).

No entanto, o sorvete disponível comercialmente é geralmente pobre em substâncias bioativas como antioxidantes naturais tais como carotenoides, vitamina C e compostos fenólicos. Além disso, o sorvete apresenta uma proporção considerável de gordura e açúcar, resultando em uma ingestão elevada desses nutrientes, o que, por sua vez, aumenta o risco de obesidade, bem como o surgimento de problemas de saúde correlacionados (Genovese et al., 2022).

Assim, surge uma demanda crescente por pesquisas acerca da viabilidade de aprimorar os atributos nutricionais do sorvete por meio da adição de ingredientes funcionais, os quais são benéficos para a saúde do ser humano. Essa abordagem tem como objetivo principal a incorporação de antioxidantes naturais, corantes naturais, vitaminas, redução de teor lipídico e a eliminação de aditivos sintéticos, considerando as expectativas sensoriais dos consumidores por produtos mais naturais (Edmonds et al., 2013; Kleef & Trijp, 2002).

Uma possível alternativa para aprimorar os atributos nutricionais do sorvete é a adição de componentes de alimentos com propriedades funcionais. Nesse caso, a inclusão de um ingrediente adicional pode desempenhar múltiplas funções. Um exemplo é a incorporação de produtos vegetais, como polpa, suco, pó e casca de frutas, que possibilitam o enriquecimento do produto com fibras alimentares, compostos fenólicos, propriedades antioxidantes, corantes naturais e aromas. Dessa forma, ocorre a potencialização das propriedades nutricionais, funcionais e sensoriais do produto final (Edmonds et al., 2013; Genovese et al., 2022; Mehditabar & Razavi, 2020). Assim, as frutas como o butiá e o mirtilo podem ser consideradas uma ótima opção (Cruxen et al., 2017).

A fruta butiá (*Butia odorata*) pertencente ao gênero *Arecaceae*, é uma fruta nativa da América do Sul que possui propriedades promissoras para a comercialização. No que diz respeito as propriedades físico-químicas, a mesma apresenta uma polpa de sabor doce e ácido, com uma textura fibrosa, e é abundante em compostos bioativos (ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos) (Beskow et al., 2015; Hoffmann et al., 2014). Assim, propriedades funcionais podem ser associadas a diversos efeitos fisiológicos, incluindo atividade antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, vasodilatadora e potencial na redução do desenvolvimento de doenças crônicas, como obesidade, diabetes e hipertensão (Zhang et al., 2022).

O mirtilo (*Vaccinium* spp.), por sua vez, teve sua origem na América do Norte, e posteriormente expandiu sua distribuição para várias regiões do mundo, com destaque para Ásia, Europa e América do Sul (Duan et al., 2022). Referente ao seu valor nutricional, o mirtilo contém quantidades elevadas de compostos bioativos como ácidos cítrico,

ascórbico, taninos, compostos fenólicos, minerais, vitaminas, fibras e pectinas (Chai et al., 2021). E assim como o butiá, o mirtilo também está relacionado a diversos fatores benéficos para a saúde dos seres humanos (Duan et al., 2022).

Neste contexto, há uma lacuna na disseminação de conhecimento a respeito da real possibilidade de utilização de butiá e mirtilo em sorvetes, de forma a promover características funcionais nestes produtos. Dessa maneira, os objetivos deste estudo foram a partir de uma análise bibliométrica determinar quais são as principais tendências da aplicação de butiá, mirtilo e seus derivados em sorvetes em nível mundial, de acordo com as publicações disponíveis e realizar uma revisão sistemática sobre os efeitos da aplicação de butiá, mirtilo e seus derivados nas características físico-químicas, funcionais e sensoriais de sorvetes.

2. METODOLOGIA

O levantamento das publicações foi realizado por meio da busca de termos específicos nas bases de dados Scopus, Web of Science e Pubmed de 05 de junho de 2023 a 09 de junho de 2023. Foram inseridos os termos: "ice cream" AND “butiá” OR “blueberry”, os mesmos precisavam estar presentes nos títulos, resumos e/ou palavras-chave dos trabalhos.

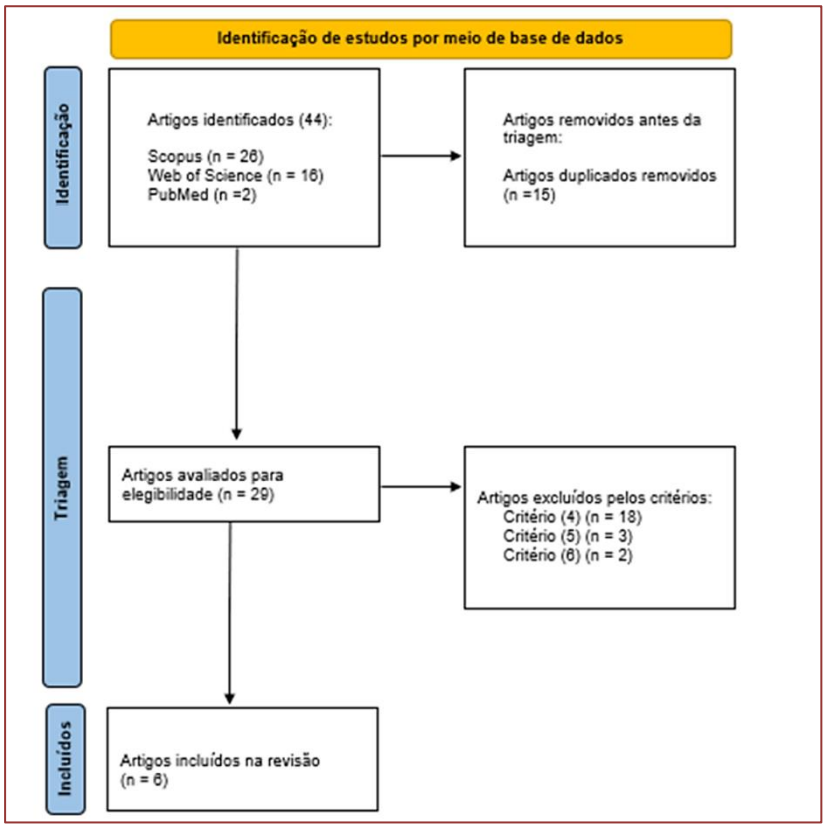
Após, foram retiradas publicações duplicadas e os artigos restantes foram avaliados afim de identificar os estudos que possuíam os critérios inclusão, sendo eles: (1) Trabalhos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados científicas ou em versões impressas descritas; (2) Trabalhos que já possuam aprovação pela comunidade científica, sem restrição de data de publicação; (3) Trabalhos que abordavam a aplicação de butiá, mirtilo e seus derivados em sorvetes e não possuíam os critérios de exclusão: (4) Trabalhos que estudavam outros tipos de produtos lácteos que não sejam sorvetes; (5) Trabalhos que não aplicavam butiá, mirtilo e seus derivados em sorvetes; (6) Trabalhos publicados como artigos curtos, pôsteres, capítulos, livros e revisões. As diretrizes PRISMA utilizadas para montar o artigo (Moher et al., 2016).

Depois de analisados os artigos, apenas os artigos selecionados (os quais apresentavam os critérios de inclusão) foram explorados por meio da ferramenta “Bibliometrix” no software RStudio® versão 1.4.1106.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram identificados 44 estudos, depois de realizada a remoção dos artigos duplicados (15), restaram apenas 29 artigos. Assim, foi realizada a etapa de triagem, onde acontecia a leitura completa dos artigos, nesta etapa foram retirados 23 estudos pelos seguintes motivos: 18 trabalhos relataram outros tipos de produtos lácteos que não fossem sorvetes; 3 trabalhos não aplicavam butiá, mirtilo e seus derivados em sorvetes e 2 trabalhos eram revisões. Um diagrama de fluxo de motivos específicos para exclusão está detalhado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma PRISMA. Seleção de artigos incluídos na revisão sistemática (usando os termos: "ice cream" AND “butiá” OR “blueberry”).



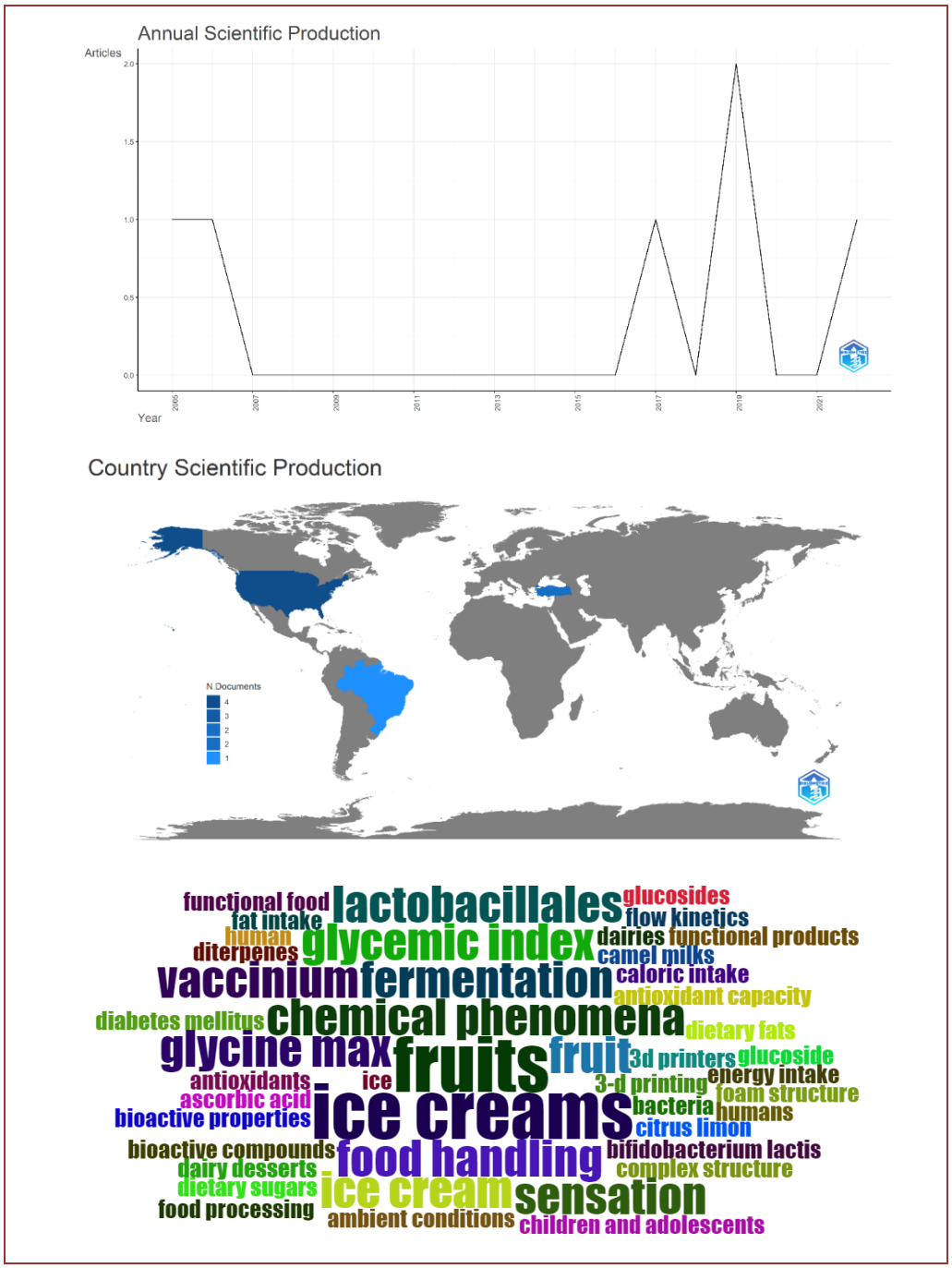
Critérios inclusão: (1) Trabalhos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados científicas ou em versões impressas descritas; (2) Trabalhos que já possuam aprovação pela comunidade científica, sem restrição de data de publicação; (3) Trabalhos que abordavam a aplicação de butiá, mirtilo e seus derivados em sorvetes e não possuíam os critérios de exclusão: (4) Trabalhos que estudavam outros tipos de produtos lácteos que não sejam sorvetes; (5) Trabalhos que não aplicavam butiá, mirtilo e seus derivados em sorvetes; (6) Trabalhos publicados como artigos curtos, pôsteres, capítulos, livros e revisões. Seguida da inclusão.

Fonte: Autores.

3.1. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

De acordo com a análise bibliométrica realizada, a aplicação de butiá, mirtilo e seus derivados em sorvetes apresentou seu pico mais alto de publicações em 2019, entretanto, ainda é considerado um assunto pouco estudado (Figura 2a). Em relação à produção científica por país, o Brasil é considerado um dos países que mais publica artigos no que diz respeito a incorporação de butiá e mirtilo em sorvetes (Figura 2b). Além disso, o WordCloud gerou as palavras mais citadas nas palavras-chave dos artigos analisados (Figura 2c).

Figura 2 – a) Produção científica mundial anual de artigos, b) Produção científica por país, c) WordCloud com as palavras mais citadas nas palavras-chave dos artigos analisados



Fonte: Bibliometrix.

3.2. CARACTERÍSTICAS DOS SORVETES

A seguir é mostrada a Tabela 1 onde podem ser visualizados os seis estudos incluídos na revisão sistemática e as principais caracteristicas abordadas, como: a fruta estudada e seu respectivo componente adicionado, a sua taxa de adição, as características físico-químicas, funcionais e sensoriais.

Tabela 1 – Estudos referente a aplicação de butiá e mirtilo e seus derivados em sorvetes

Fruta	Componente da fruta	Taxa de adição	Características físico-químicas	Características funcionais	Características sensoriais	Referências
Mirtilo	Fruto inteiro	5-15%	↑ acidez, teor fenólico total; ↓ gordura, proteína, pH, cinzas, tempo de fusão completa, viscosidade	↑ capacidade antioxidante	↑ dureza; ↔	(Sayar et al., 2022)
Mirtilo	Pó de mirtilo liofilizado	3,5%	↑ teor fenólico total; ↓ viscosidade, fusão completa	↑ capacidade antioxidante	↓ dureza	(Sainz & Mchugh, 2019)
Mirtilo	Fruto inteiro e bagas	20-45%	↔ overrun	Não foi avaliado	↔	(Arseneva et al., 2019)
Butiá	Polpa de Butiá	30-50%	↑ acidez, carotenoides e flavonoides durante o armazenamento congelado; ↓ proteína, fenólicos totais, ácido ascórbico ↔ overrun	Não foi avaliado	↑ aceitabilidade	(Cruxen et al., 2017)
Mirtilo	Suco de mirtilo e mirtilo em forma de purê	7,4-7,8%	↑ teor antocianina na amostra de purê; ↔ overrun	↑ atividade antioxidante nas amostras com suco de mirtilo	↑ aceitabilidade da formulação contendo purê do que as formulações contendo suco de mirtilo	(Camire et al., 2006)
Mirtilo	Suco de mirtilo e mirtilo em forma de purê	8,6%-17,2%	↑ acidez, teor de fenólicos totais, antocianinas	↑ atividade antioxidante	↑ aceitabilidade na formulação de concentrado de mirtilo a 8,6%	(TEH et al., 2005)

Simbologia: ↑ aumento, ↓ diminuição, ↔ nenhuma diferença.

3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS SORVETES

Para o desenvolvimento dos sorvetes em alguns estudos foram utilizados o fruto inteiro, o pó liofilizado, as bagas, a polpa e o suco, com diferentes taxas de adição, as quais variaram de 3,5% (Sainz & Mchugh, 2019) a 50% (Cruxen et al., 2017). Em relação ao pH, todos os estudos que avaliaram esse parâmetro relataram uma diminuição nos valores de pH após a adição das partes destas frutas supracitadas. Assim, a diminuição do pH e o aumento dos valores de acidez podem ser devido ao alto teor de ácidos orgânicos presentes nessas frutas (Sayar et al., 2022), uma vez que, a redução do pH está relacionada a quantidade e tipo de derivado da fruta utilizado (Kandylis et al., 2023).

Quando avaliada a composição geral do sorvete pode haver uma diminuição nos valores de proteínas e cinzas das amostras e isso pode ser devido à baixa concentração desses componentes presentes nas frutas (Sayar et al., 2022). No entanto, essa diminuição proteica não prejudicou as características do produto, já que a quantidade de proteína presente, apesar de baixa, foi suficiente para contribuir para as características estruturais e de textura do produto, incluindo emulsificação, aeração, retenção de água e viscosidade (Cheng et al., 2015). Além disso, ainda no que diz respeito aos componentes do sorvete, o maior percentual de carboidratos presentes não foram originados das frutas e seus derivados e sim da lactose e da sacarose adicionadas à formulação, os mesmo contribuem para o sabor doce desejado e auxiliaram na fixação de aromas e na intensidade do sabor (Karaman et al., 2014).

Outro parâmetro importante do sorvete, é a taxa de derretimento, que é calculado pelo tempo de fusão completo, neste caso, os estudos presentes na revisão observaram que o tempo de fusão completa pode diminuir significativamente com o aumento da concentração de mirtilo (Sainz & Mchugh, 2019; Sayar et al., 2022), esses resultados estão de acordo com outro estudo encontrado na literatura consultada onde os autores afirmam que o tempo total de fusão dos sorvetes de frutas diminui com base na concentração de frutas (Aloğlu, H. Ş., Gökgöz, Y., & Bayraktar, 2018). Segundo dados da literatura, o derretimento do sorvete pode ser influenciado por muitas variáveis, como *overrun*, características emulsificantes, concentração de lipídios e proteínas (Sofjan & Hartel, 2004).

O *overrun* é o termo técnico muito utilizado na indústria alimentícia do sorvete para explicar o volume de incorporação de ar na massa, o mesmo é uma característica importante para o sorvete, pois a presença de ar no alimento está relacionada a uma textura leve e agradável, além de influenciar nas características físicas como dureza e derretimento (Sofjan & Hartel, 2004). No caso dos estudos adicionados na revisão sistemática, foi possível observar que o *overrun* se manteve sem apresentar grandes alterações. A variação no *overrun* pode ocorrer por vários fatores, como teores de gordura, proteína, emulsificante e sólidos não gordurosos (Edmonds et al., 2013).

Já no que diz respeito a dureza, um estudo da revisão sistemática apresentou aumento da dureza quando adicionados de 5 a 15% de frutos de mirtilo no sorvete (Sayar et al., 2022), esse dado corrobora com outro estudo, no qual os autores afirmam que os valores de dureza de amostras de sorvete tendem a aumentar com a adição de frutas, além disso, esse fator depende da forma que a fruta foi adicionada ao sorvete (Sulejmani & Demiri, 2020). No entanto, outro estudo apresentou diminuição da dureza, vale ressaltar que nesse estudo foi apenas adicionado 3,5% de pó de mirtilo liofilizado, e isso pode ter colaborado para a diminuição da dureza (Sainz & Mchugh, 2019).

Em relação a viscosidade foi possível observar que ela se apresentou diminuída, quando ocorreu a adição de partes das frutas e seus derivados, nos estudos que avaliaram esse parâmetro. Segundo dados verificados na literatura consultada existe uma relação inversa entre viscosidade e dureza (Kurt & Atalar, 2018), além disso, a diminuição nos valores de viscosidade depende da diminuição dos valores de sólidos totais (Kurultay et al., 2009).

3.4. CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

O objetivo principal de um sorvete funcional é possuir propriedades benéficas a saúde do consumidor, possivelmente reduzindo o risco de doenças, em comparação com o convencional. Outra vantagem de desenvolver um sorvete funcional é que ele pode beneficiar pessoas de todas as idades, já que o sorvete é considerado o produto lácteo congelado mais popular no Brasil (Kandylis et al., 2023). Logo, a adição de subprodutos de frutas, como: polpa, suco, pó e casca de frutas poderiam contribuir para este objetivo.

Os derivados das frutas butiá e mirtilo apresentam compostos bioativos, como: ácido ascórbico, carotenoides, compostos fenólicos, ácidos cítricos, antocianinas, taninos, fibras e pectinas que podem oferecer um valor nutricional e funcional adicional ao sorvete (Beskow et al., 2015; Chai et al., 2021; Hoffmann et al., 2014). Alguns dos estudos que investigaram a adição de butiá e mirtilo em sorvetes, relataram altos valores totais de fenólicos, flavonoides, ácido ascórbico e carotenóides (Camire et al., 2006; Sayar et al., 2022). Essas substâncias, por sua vez, apresentam e transferem propriedades

antioxidantes ao sorvete, as quais promovem sequestro de radicais livres e consequentemente inibição da oxidação da membrana celulares humana (Genovese et al., 2022; Hwang et al., 2009). Assim, a adição desses componentes pode promover uma redução do estresse oxidativo, o qual é conhecido por estar relacionado a muitas doenças crônicas, como: obesidade, diabetes, hipertensão e síndrome metabólica (Çakmakçı et al., 2015). Além disso, os antioxidantes são utilizados para aumentar a vida útil e preservar a qualidade dos alimentos que contêm lipídios, retardando as reações de oxidação durante o armazenamento (Wanasundara & Shahidi, 2005).

Vale ressaltar, que não foram encontrados estudos que forneçam resultados sobre a influência do consumo de sorvetes funcionais em indivíduos saudáveis e não saudáveis.

3.5. CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS

No que diz respeito às características sensoriais, foi possível observar que nos estudos os quais realizaram a análise sensorial os mesmos apresentaram uma boa aceitabilidade, enquanto em outros estudos não houve nenhum efeito positivo ou negativo nas propriedades sensoriais das amostras (Arseneva et al., 2019; Sayar et al., 2022). A adição de derivados de butiá e mirtilo pode afetar as características sensoriais dos sorvetes. Uma das características mais afetadas é a cor, uma vez que quanto maior a adição da fruta mais intensa é a cor característica do produto (Cruxen et al., 2017), pelo fato dos componentes químicos presentes nessas frutas afetarem os parâmetros de cor do produto (Sayar et al., 2022).

Estudos revelaram que a quantidade do derivado de fruta adicionado é crucial para a aceitação dos consumidores (Cruxen et al., 2017; Teh et al., 2005). Em geral, uma baixa concentração de derivado de fruta recebeu as notas mais altas dos provadores. A adição de grandes quantidades de polpa (40% - 50%) de butiá recebeu escores de aceitabilidade mais baixos em comparação com a adição de 30% (Cruxen et al., 2017). O mesmo foi observado em estudo semelhante com a fruta mirtilo, onde foram utilizados suco e purê em diferentes concentrações (8,6%, 12,9% e 17,2%), e a menor concentração obteve maior aceitabilidade (Teh et al., 2005).

A aceitação de produtos contendo menores proporções de frutas e seus subprodutos pode ser influenciada por uma infinidade de fatores, abrangendo atributos sensoriais e predileções do consumidor, como: atributos sensoriais, uma vez que produtos com quantidades reduzidas de frutas e seus subprodutos podem apresentar um perfil de sabor mais suave, atraindo assim um espectro mais amplo de consumidores. Outra questão importante é a familiaridade, os consumidores podem apresentar uma maior preferência para produtos com menor teor de frutas, pois são mais facilmente acessíveis no mercado, assim essa familiaridade gera uma maior aceitação desses produtos. Além disso, produtos com baixo teor de frutas podem apresentar uma textura mais familiar com sorvete tradicional, aprimorando assim a experiência gustativa geral e promovendo taxas elevadas de aceitabilidade. Ademais, certos consumidores podem evidenciar uma preferência por uma interação harmoniosa entre o sabor da fruta e outros constituintes presentes no produto. Portanto, produtos com menor teor de frutas podem oferecer um perfil de sabor mais equilibrado, conquistando assim os consumidores (Concas et al., 2019).

Segundo os consumidores, quando avaliado um produto funcional, o sabor é uma das características mais importantes na determinação da escolha, ou seja, se o ingrediente

adicionado alterar negativamente o sabor, mesmo apresentando possíveis benefícios à saúde, o produto não é bem aceito (Cruz et al., 2009; Tuorila & Cardello, 2002). Assim, torna-se crucial conduzir ensaios laboratoriais iniciais para determinar a proporção ótima de incorporação da taxa de frutas, de modo a satisfazer as necessidades de aprimoramento das propriedades funcionais do sorvete, sem prejudicar suas características sensoriais (Kandylis et al., 2023).

4. CONCLUSÕES

Portanto, após revisão detalhada, foi possível observar que a incorporação de mirtilo, butiá e seus derivados em sorvetes pode trazer benefícios significativos para a qualidade do produto final. A análise dos parâmetros físico-químicos revelou alterações positivas, incluindo maior teor de compostos bioativos e antioxidantes o que contribui as caraterísticas funcionais desse produto. Entretanto, é crucial destacar que, apesar dos benefícios, a quantidade e forma de incorporação dessas frutas devem ser cuidadosamente consideradas para evitar efeitos adversos nas caraterísticas físico-químicas e consequentemente na caracteristica sensorial desse produto, e assim na sua aceitação pelos consumidores.

Logo, desenvolver sorvetes funcionais é uma tarefa complexa, uma vez que, além de garantir seus efeitos benéficos a saúde do consumidor, é essencial preservar suas propriedades físicas e sensoriais originais. A composição do sorvete implica que suas características sensoriais são influenciadas pela interação de diversas propriedades físico-químicas. Uma vez que, é fundamental assegurar que os benefícios pretendidos sejam alcançados ao adicionar os ingredientes funcionais ao sorvete, sem comprometer suas propriedades sensoriais desejáveis.

Pesquisas futuras devem se concentrar em aprimorar a formulação e o processo de fabricação do sorvete funcional, visando atender às preferências do consumidor em relação ao sabor, textura e outras características sensoriais importantes. Além disso, é fundamental conduzir testes de estabilidade ao longo da vida útil do produto, com objetivo de validar a eficácia dos compostos bioativos do sorvete funcional por meio de estudos clínicos em humanos e modelos animais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio científico e técnico prestado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o auxílio da ferramenta Bibliometrix.

CONFLITOS DE INTERESSE

Não existe conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

[1] Aloğlu, H. Ş., Gökgöz, Y., & Bayraktar, M. (2018). Kocayemiş (dağ çileği-arbutus unedo l.) Meyveli dondurma üretimi, fiziksel, kimyasal ve duyusal parametreler açisindan irdelenmesi. Gida / the Journal of Food, 43, 1030–1039. https://doi.org/10.15237/gida.GD18098

[2] Arseneva, T. P., Evstigneeva, T. N., Vladimirovna, N., Vitalevna, L. M., & Kurganova, E. V. (2019).

The effects of the addition of starter cultures and stevioside on technological low-fat fermented sherbet ice-cream without sugar. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. https://doi.org/10.17306/J.AFS.2019.0724

[3] Beskow, G. T., Hoffmann, J. F., Teixeira, A. M., Fachinello, J. C., Chaves, F. C., & Rombaldi, C. V. (2015). Bioactive and yield potential of jelly palms (Butia odorata Barb. Rodr.). 172, 699–704. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.111

[4] Çakmakçı, S., Topdaş, E. F., Kalın, P., Han, H., Pınar, S., Leyla, P. K., & Gülçin, I. (2015). Antioxidant capacity and functionality of oleaster (Elaeagnus angustifolia L.) flour and crust in a new kind of fruity ice cream. 472 International Journal of Food Science and Technology, 472–481. https://doi.org/10.1111/ijfs.12637

[5] Camire, M. E., Dougherty, M., & Teh, Y.-H. (2006). Frozen Wild Blueberry-Tofu-Soymilk Desserts. JFS S: Sensory and Nutritive Qualities of Food.

[6] Chai, Z., Herrera-balandrano, D. D., Yu, H., Beta, T., & Zeng, Q. (2021). A comparative analysis on the anthocyanin composition of 74 blueberry cultivars from China. Journal of Food Composition and Analysis, 102(May), 104051. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104051

[7] Cheng, J., Ma, Y., Li, X., Yan, T., & Cui, J. (2015). Food Hydrocolloids Effects of milk protein-polysaccharide interactions on the stability of ice cream mix model systems. Food Hydrocolloids, 45, 327–336. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.11.027

[8] Concas, M. P., Catamo, E., Biino, G., Toniolo, D., Gasparini, P., & R., & A. (2019). Factors associated with food liking and their relationship with metabolic traits in Italian cohorts. Food Quality and Preference, 75, 64–70.

[9] Cruxen, C., Hoffmann, J. F., Paula, G., Fiorentini, M., Rombaldi, C. V., & Chaves, F. C. (2017). Probiotic butiá (Butia odorata) ice cream: Development, characterization, stability of bioactive compounds, and viability of Bifidobacterium lactis during storage. 75, 379–385. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.09.011

[10] Cruz, A. G., Antunes, A. E. C., Lúcia, A., Sousa, O. P., Faria, J. A. F., & Saad, S. M. I. (2009). Ice-cream as a probiotic food carrier. Food Research International, 42(9), 1233–1239.https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.020

[11] Duan, Y., Tarafdar, A., Chaurasia, D., & Singh, A. (2022). Blueberry fruit valorization and valuable constituents: A review. International Journal of Food Microbiology, 381(June), 109890. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109890

[12] Edmonds, L., Wadhwa, S. S., & Wibisono, R. (2013). Producing ice cream using a substantial amount of juice from kiwifruit with green, gold or red flesh. Food Research International, 50(2), 647–656. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.030

[13] Genovese, A., Balivo, A., Salvati, A., & Sacchi, R. (2022). Functional ice cream health benefits and sensory implications. Food Research International, 161(March), 111858. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111858

[14] Hoffmann, J. F., Barbieri, R. L., Rombaldi, C. V, & Chaves, F. C. (2014). Butia spp. (Arecaceae): An overview. Scientia Horticulturae, 179, 122–131. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.08.011

[15] Hwang, J., Shyu, Y., & Hsu, C. (2009). Grape wine lees improves the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. LWT - Food Science and Technology, 42(1), 312–318. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.03.008

[16] Kandylis, P., Dimitrellou, D., & Moschakis, T. (2023). Recent applications of grapes and their derivatives in dairy products. 114(August 2021), 696–711.

[17] Karaman, S.., Toker, Ö. ., Yüksel, F. ., Çam, M. ., Kayacier, A. ., & Dogan, M. (2014). Physicochemical, bioactive, and sensory properties of persimmon-based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. Journal of Dairy Science, 97(1), 97–110. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7111

[18] Kleef, E. Van, & Trijp, C. M. Van. (2002). Consumer-oriented functional food development: how well do functional disciplines reflect the 'voice of the consumer'? 13, 93–101.

[19] Kurt, A., & Atalar, I. (2018). Food Hydrocolloids Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. Food Hydrocolloids, 82, 186–195.

https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.011

[20] Kurultay, S.., Öksüz, Ö.., & Gökçebag, Ö. (2009). The influence of different total solid, stabilizer and overrun levels in industrial ice cream production using coconut oil. Journal of Food Processing and Preservation, 34(2010), 346–354. https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00418.x

[21] Mehditabar, H., & Razavi, S. M. A. (2020). Influence of pumpkin puree and guar gum on the bioactive, rheological, thermal and sensory properties of ice cream. 73(2), 447–458. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12658

[22] Oliveira, K. H., Antonio, J., So, R. De, & Monteiro, A. R. (2008). Caracterização reológica de sorvetes. 2008(002394), 592–598.

[23] Sainz, C. B., & Mchugh, T. (2019). Functionality of freeze - dried berry powder on frozen dairy desserts. May, 1–8. https://doi.org/10.1111/jfpp.14076

[24] Sayar, E., Şengül, M., & Ürkek, B. (2022). Antioxidant capacity and rheological, textural properties of ice cream produced from camel's milk with blueberry. December 2021, 1–8. https://doi.org/10.1111/jfpp.16346

[25] Sofjan, R. P., & Hartel, R. W. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. International Dairy Journal, 14, 255–262. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.005

[26] Sulejmani, E., & Demiri, M. (2020). The effect of stevia, emulsifier and milk powder on melting rate, hardness and overrun of ice cream formulations during storage. Mljekarstvo, 120–130. https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2020.0206

[27] Teh, Y. H., Dougherty, M., & Camire, M. E. (2005). Frozen Blueberry-soy Dessert Quality. JFS S: Sensory and Nutritive Qualities of Food, 70(1).

[28] Tuorila, H., & Cardello, A. V. (2002). Consumer responses to an off-flavor in juice in the presence of specific health claims. 13, 561–569.

[29] Wanasundara, P., & Shahidi, F. (2005). Antioxidants: Science, Technology, and Applications. Bailey's Industrial Oil and Fat Products.

[30] Zhang, B., Zhang, Y., Xing, X., & Wang, S. (2022). Health benefits of dietary polyphenols: insight into interindividual variability in absorption and metabolism. Current Opinion in Food Science, 48, 100941. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.10094

Capítulo 6

Comparativo de rotulagens de polpas de frutas de acordo na nova legislação

Severina Souza da Silva Bernardino
Pahlevi Augusto de Souza

Resumo: **Introdução**: A PNAN (Política Nacional de Alimentação e Nutrição) declara que a rotulagem nutricional é considerada uma medida regulatória que objetiva a promoção da alimentação adequada e saudável, mediando ao consumidor o direito à informação. Além disto, os modelos das rotulagens com as advertências favorecem a identificação dos componentes nos produtos que são associados ou não as DCNTs (Doenças Crônicas Não Transmissíveis). Neste sentido, ela consiste em informar o valor calórico, a quantidade de açúcar e de gordura contidas no produto. A presente pesquisa objetivou-se por meio do estudo analisar os rótulos de polpa de frutas de uma cooperativa de pequeno porte, a fim de, verificar se atendem os requisitos legais frente às atualizações da RDC Nº 429, 8 de outubro de 2020; IN n° 75, 8 de outubro de 2020 e da RDC nº 727, 1° de julho de 2022. **Metodologia**: Os rótulos das polpas de frutas foram cedidos pela cooperativa de polpas de frutas que está localizada na zona rural, no interior da Paraíba/ PB. Sendo que foram classificados os rótulos em polpas A (1 kg) e rótulos polpas B (500g) e foram analisados ao todo 8 rótulos com os seguintes sabores: acerola, goiaba, graviola, manga, maracujá, mangaba, morango e umbu. Foi utilizado como critério de avaliação as RDC Nº 429, 8 de outubro de 2020, RDC nº 727 de 2022 e IN º 75 de 2020. **Resultados e discussão**: No critério de denominação de compra, conteúdo líquido e denominação de origem/lote e o prazo de validade estavam expressos em ambas as rotulagens. Contudo, no tocante as instruções de conservação de preparo foram identificadas, apenas na polpa A. Sendo que, as instruções de preparo e o uso do alimento estava demonstrado de forma clara e correta na embalagem polpa B. De acordo com a legislação atual, quando viável, o rótulo deve conter as instruções da forma apropriada de uso e devem ser incluídos: reconstituição, descongelamento ou qualquer procedimento necessário para alcançar o consumo final. **Conclusão**: A implementação RDC nº 726/2022, RDC nº 429/2020 e IN nº75/2020, objetivam fornece melhores informações aos consumidores sobre os alimentos embalados, incluindo a tabela de informações nutricionais, a rotulagem frontal nutricional e as alegações nutricionais dos rótulos. Diante do comparativo realizado no atual estudo, foi possível observar que as informações contidas na rotulagem das polpas de frutas A e B estavam a maioria de acordo com a nova legislação de rotulagem de alimentos.

Palavra- chaves: IN 75/2020, Processamento, DCNT.

1. INTRODUÇÃO

A obesidade e outras doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) estão acometendo grande parte da população (Monteiro et al., 2019). É uma das causas no Brasil são a redução do consumo dos alimentos in natura ou minimamente processados pelo aumento dos alimentos processados (Martins et al., 2013).

Neste sentido a Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN) declara que a rotulagem nutricional é considerada uma medida regulatória que objetiva a promoção da alimentação adequada e saudável, mediando ao consumidor o direito à informação. Além disto, os modelos das rotulagens com as advertências favorecem a identificação dos componentes nos produtos que são associados ou não a DCNT (Khandpur et al., 2018).

Os rótulos são fundamentais entre a comunicação do produto e os consumidores, e favorecem no momento da compra contribuindo nas escolhas com maior segurança (Machado et al., 2006).

A rotulagem nutricional é uma garantia do direito básico à informação adequada e clara sobre a composição dos alimentos, devendo ser expressa de forma simples e de compreensão acessível (Khandpur et al., 2018). Sendo assim, ela consiste em informar o valor calórico, a quantidade de açúcar e de gordura contidas no produto (Affonso; Vilas Boas, 2021).

As novas regras que entraram em vigor em outubro de 2022 consistem em benefícios aos consumidores, visto que, as informações nos rótulos dos produtos embalados foram apresentadas de forma detalhadas (Anvisa, 2022). Visando desta forma, mostrar com clareza e legibilidade nos rótulos, e contribuindo para escolha com qualidade do produto e favorecer aos benefícios a saúde pelo conhecimento dos produtos através da informação no rótulo (Barros et al., 2023).

A rotulação nutricional frontal foi inserida na forma de orientações alimentares, objetivando hábitos mais saudáveis entre a população. Os dois modelos frontais usados foi o alerta sinalizado por símbolos octogonais ou triangulares e nutricional (cores âmbar ou carmesim). Sendo assim, objetivando no direcionamento dos consumidores sobre a alta concentração de açúcar, sal ou gordura. (Gonçalves et al., 2022).

Neste sentido, a presente pesquisa objetivou-se por meio do estudo analisar os rótulos de polpa de frutas de uma cooperativa de pequeno porte, a fim de, verificar se atendem os requisitos legais frente às atualizações da RDC Nº 429, 8 de outubro de 2020; IN N° 75, 8 de outubro de 2020 e da RDC nº 727, 1° de julho de 2022.

2. METODOLOGIA

2.1. AQUISIÇÃO DAS POLPAS

Os rótulos das polpas de frutas foram cedidos pela cooperativa de polpas de frutas que está localizada na zona rural, no interior da paraíba/ PB, considerada empresa de pequeno porte e com distribuição de vendas para supermercados e escolas municipais e estaduais (licitação), majoritariamente abrange o comércio regional.

Foram classificados os rótulos em polpas A (1000 g) e rótulos polpas B (500g). Ao todo foram analisados ao todo 8 rótulos com os seguintes sabores: acerola, goiaba, graviola, manga, maracujá, mangaba, morango e umbu.

2.2. ANÁLISES DE ROTULAGEM

Para verificar se as informações contidas estavam de acordo com as normas legislativas, preencheu-se as tabelas para posterior análise das informações dos rótulos. Quadro 1. As RDC nº 727 de 2022, IN º 75 de 2020 e RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020, nas quais foram comparadas com as rotulagens do produto do estudo.

Quadro 1. Legislações de rotulagem e suas especificidades, aplicadas para avaliação das polpas de frutas A e B

Legislação	Ementa
Resolução da diretoria colegiada – RDC nº 727, de 1º de julho de 2022	Dispõe sobre a melhora da técnica legislativa e revogação de normas inferiores a Decreto editadas pela ANVISA, componentes da quinta etapa de consolidação da pertinência temática de alimentos em observância ao que prevê a Portaria nº 488/GADIP-DP/ANVISA, de 23 de setembro de 2021 e o Decreto nº 10.139, de 28 de novembro de 2019.
Instrução normativa - IN n° 75, de 8 de outubro de 2020	Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados.
Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020	Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados.
Instrução normativa mapa-IN nº 49 de 26/09/2018	Estabelece em todo o território nacional a complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade de Suco e Polpa de Fruta

Fonte: Próprios autores, 2023.

Foi utilizado como critério de avaliação as RDC Nº 727, DE 1° DE JULHO DE 2022- Dispõe sobre a rotulagem dos alimentos embalados. RDC Nº 429, DE 8 DE OUTUBRO DE 2020- Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. Esta Resolução se aplica aos alimentos embalados na ausência dos consumidores, incluindo as bebidas, os ingredientes, os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia, inclusive aqueles destinados exclusivamente ao processamento industrial ou aos serviços de alimentação. Instrução Normativa - IN N° 75, DE 8 DE OUTUBRO DE 2020-Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Esta Instrução Normativa estabelece os requisitos técnicos para a declaração da rotulagem nutricional dos alimentos embalados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. AVALIAÇÃO DO PERCENTUAL DE CONFORMIDADE DE ROTULAGEM GERAL OBRIGATÓRIA (RDC 727/2022-ANVISA)

A análise geral e nutricional da rotulagem dos alimentos consiste em informar aos consumidores sobre as propriedades nutricionais dos produtos alimentícios, sendo de fundamental importância para escolha de alimentos que estão inseridos no comércio. (Brasil,2003; Brasil, 2020b). Na comparação dos rótulos de polpa de frutas A e B, as informações obrigatórias de acordo com a RDC nº 727 de 2022 e IN º 75 de 2020 segue na tabela 1 os critérios observados.

Tabela 1. Informações obrigatórias de acordo com a RDC nº 727 de 2022 e IN º 75 de 2020 nos rótulos de marcas de polpas de frutas comercializadas na região do Curimataú paraibano

Informações Obrigatórias	Polpa de Fruta 500g	Polpa de Fruta 1000g
	A	B
Denominação de venda	**CT**	**CT**
Lista de ingredientes (ordem decrescente)	**CT**	**CT**
Medida caseira	**NC**	**NC**
Conteúdo líquido	**CT**	**CT**
Identificação da origem	**CT**	**CT**
Identificação do lote	**CT**	**CT**
Prazo de validade	**CT**	**CT**
Instruções conservação do produto (Temperatura máxima e mínima)	**NC**	**CT**
Instruções de preparo e uso do alimento	**CT**	**NC**
Nome dos Aditivos Alimentares (posterior aos demais ingredientes)	**NC**	**CT**
Advertência abaixo ou posterior a lista de ingredientes (caixa alta e negrito)	**NC**	**NC**
Nome do país deorigem	**NC**	**NC**

CT – Consta; NCT – Não consta.

Fonte: Próprios autores, 2023.

Quando comparada as duas rotulagens das polpas de frutas A e B, observou-se que, a denominação de compra estava presente em ambas (Tabela 1). Esta denominação se refere ao nome específico e não genérico designando a verdadeira natureza e as características do alimento (Brasil, 2022).

É necessário ser declarada na rotulagem do suco e da polpa de fruta, o valor numérico e o sinal de porcentagem (%) de, no mínimo, o dobro do tamanho da denominação da bebida, e a expressão "DE POLPA", "DE POLPA E SUCO", "DE POLPA E VEGETAL" ou "DE POLPA, SUCO E VEGETAL"(Brasil, 2018).

Na descrição da lista de ingredientes, observou-se que não estava presente de forma decrescente na polpa A, contudo na polpa B encontrava-se (Tabela 1). Neste sentido, na lista de ingredientes é necessário estarem listado todos os aditivos aplicados na preparação: como os aromatizantes, adoçantes, conservantes ou outras substâncias que modifiquem as propriedades químicas, físicas, biológicas ou sensoriais do alimento (Gomes, 2020). E segundo Brasil, 2020A, deve constar no rótulo, precedida da expressão ingredientes: ou ingr.:, no layout dos rótulos.

O conteúdo líquido encontra-se designada em ambas as rotulagens das polpas (Tabela 1). Brasil, 2021, designa que a indicação quantitativa para produtos comercializados em unidades legais de massa deve ser expressa "PESO LÍQUIDO" ou "CONTEÚDO LÍQUIDO" ou "PESO LÍQ." ou "Peso Líquido" ou "Peso Líq."

A indicação quantitativa do conteúdo líquido dos produtos pré-medidos deve ser descrita na rotulagem da embalagem ou no corpo dos produtos. Na cor contrastante de forma a favorecer ao consumidor a informação da quantidade do produto (Brasil, 2022).

Para a identificação de origem, verificou-se que todas as marcas apresentavam essa informação (Tabela 1). Visto que, na identificação de origem é necessário estar expresso o nome (razão social) do produtor ou fracionador ou titular (proprietário) da marca, o endereço completo, país de origem e município, número de registro ou código de identificação do estabelecimento fabricante junto ao órgão competente (Brasil, 2022).

No item prazo de validade, verificou-se que todas as marcas apresentaram essa informação (Tabela 1). No prazo de validade deve ser indicado pelo menos o dia e o mês para produtos que apresentam prazo de validade não superior a três meses e o mês e o ano para produtos com prazo de validade superior a três meses (Brasil, 2022).

No tocante as instruções de conservação de preparo não foram identificadas na polpa A. Sendo que, as instruções de preparo e o uso do alimento estava demonstrado de forma clara e correta na embalagem polpa B. De acordo com a legislação atual, quando viável, o rótulo deve conter as instruções da forma apropriada de uso e devem ser incluídos: reconstituição, descongelamento ou qualquer procedimento necessário para alcançar o consumo final (Brasil, 2022).

Foi observado que a descrição dos aditivos, estava identificada apenas na embalagem polpa A (Tabela 1). De acordo com o Art.25 (Brasil, 2018) O suco e a polpa de fruta que não contiverem aditivos podem utilizar a expressão "sem aditivos" em sua rotulagem. E expresso no Art. 26. Na qual o suco e a polpa de fruta que contiverem naturalmente vitaminas, minerais, fibras e outros nutrientes podem utilizar essa informação em sua rotulagem.

A rotulagem nutricional é uma ferramenta de comunicação entre o consumidor e o produto exposto a venda. As informações contidas no rótulo devem estar expressas de forma claras e objetivas aos consumidores, visto que, passam a influenciar na escolha e compra do produto (Affonso; Vilas Boas, 2021).

3.2. AVALIAÇÃO DAS INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES SOBRE A PRESENÇA DE ALERGÊNICOS E GLÚTEN NA ROTULAGEM DE ALIMENTO (RDC 26/2015-ANVISA)

Tabela 2. Informações complementares de acordo com a RDC nº 26/2015 de rótulos de marcas de polpas de frutas comercializadas na região do Curimataú paraibano

Informações	Polpa A	Polpa B
Advertência sobre glúten	**NC**	**NC**
Advertência sobre lactose	**NC**	**NC**

Fonte: Próprios autores, 2023.

Nas embalagens dos rótulos da polpa A e B, foi observado que nenhuma havia a identificação: advertência de lactose e glúten (Tabela 2). A advertência ao glúten, foi inserido ao rótulo a informação “Não contém glúten” e deve ser acrescentado posterior a lista de ingredientes. Sendo assim, a Lei Nº 10.674, de 16 de maio de 2003, torna obrigatório que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, objetivando medida preventiva e de controle da doença celíaca.

De acordo com Brasil, 2015. Em virtude do aumento de intolerâncias e alergias, torna-se obrigatório a inserção nos rótulos dos alimentos, a informação acerca da presença de lactose e glúten, com o propósito de auxiliar a população na escolha dos alimentos, com maior segurança.

3.3. AVALIAÇÃO DO PERCENTUAL DE CONFORMIDADE DE INFORMAÇÕES NUTRICIONAIS (IN N° 75, DE 8 DE OUTUBRO DE 2020)

O valor nutricional dos ingredientes pode ser apresentado na forma de tabela ou lista linear, para garantir e facilitar escolhas saudáveis quando o consumidor for adquirir os alimentos. Além disto, para comparar o menor teor de gorduras saturadas e trans, açúcar, sal ou investir em produtos com maior concentração de fibras solúveis e ou insolúveis (Gomes, 2020).

Tabela 2. Informações obrigatórias de acordo com a RDC nº 259 de rótulos de polpas de frutas A e B comercializadas na região do Curimataú paraibano

Informação nutricional	Polpas de Frutas A e B							
	Acerola	Goiaba	Graviola	Manga	Maracujá	Mangaba	Morango	Umbu
Porção (g)	100	100	100	100	100	100	100	100
Valor energético (Kcal)	55	56	38	22	39	43	31	34
Carboidratos (g)	5,5	2,0	9,8	5,5	9,6	10,5	3	8,8
Proteínas (g)	0,5	0	0,6	0,6	0,8	0,7	0	0,5
Gorduras totais (g)	0	0	0,1	0	0,2	0,3	0	0,1
Gorduras saturadas (g)	0	0	0	0	0	0	0	0
Gorduras trans (g)	0	0	0	0	0	0	0	0
Fibra alimentar (g)	0,7	3,0	1,2	0,7	0,5	0,8	0	5,2
Sódio (mg)	1	0,0	3	1	8	0	0	6

Fonte: Próprios autores, 2023.

É obrigatório na rotulagem nutricional a declaração da quantidade do valor energético e os nutrientes específicos: carboidratos, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibra alimentar e sódio (Brasil, 2003).

O valor energético apresentou variação de 56 kcal a 22 Kcal, goiaba e manga, respectivamente. Em virtude, das frutas apresentarem valor nutricional diferentes, foi notável a diferença neste parâmetro (Tabela 2). O valor energético dos alimentos que requerem preparo com adição de outros ingredientes, utilizar 100 g ou 100 mL do alimento pronto para o consumo, considerando o valor nutricional dos ingredientes adicionados, conforme instruções de preparo indicadas pelo fabricante no rótulo (Brasil, 2020A).

Na análise das polpas A e B, foi observado que as medidas caseiras não estavam identificadas em nenhuma das rotulagens. Contudo, a porção estava padronizada em ambas as polpas e identificadas em 100g (Tabela 2). De acordo (Brasil, 2020A), para polpa de frutas para refresco, sucos concentrados de frutas e desidratados, o tamanho das porções (g ou ml) quantidade suficiente para preparar 200 ml e as medidas caseiras sugeridas são em colheres de sopa.

A alimentação deve ser variada, equilibrada para prover a oferta de nutrientes e aporte calórico adequado que garanta saúde e a longevidade aos indivíduos (Mcglory et al., 2019).

Para os teores de carboidratos, verificou-se que todas as marcas apresentaram esse nutriente (Tabela 2). Estão presente em maiores quantidades nas polpas de mangaba (10,5g), graviola (9,8g) e maracujá (9,6g). Os carboidratos têm papel no fornecimento de energia para o corpo humano e fundamental para o bom desempenho (Almeida, Balmant, 2017).

Enquanto as proteínas foram encontradas e seis sabores de polpas: acerola, graviola, manga, maracujá, mangaba e umbu. Entretanto, ausente nas polpas de goiaba e morango (Tabela 2). Este macronutriente prover energia e aminoácidos, que são fundamentais no crescimento e manutenção do organismo. Sendo também, responsáveis por propriedades físico-químicas e sensoriais dos alimentos e contribui como ingredientes funcionais e promotores da saúde (Shahidi; Zhong, 2008).

As gorduras totais foram identificadas em três polpas de frutas: mangaba (0,3g), graviola (0,1g), umbu (0,1) e maracujá (0,2g) (Tabela 2). Entretando, as gorduras saturadas e gordura trans não foi encontrada em nenhumas das oito polpas. Sendo assim, a gordura dietética está relacionada diretamente a saúde humana, alterando a microbiota intestinal e o consumo em excesso favorece a inflamação sistêmica (Candido et al., 2018).

Os teores de fibras estavam descritos na maioria das polpas, exceto na polpa de morango (Tabela 2), sendo que a polpa de umbu apresentou os maiores teores com média de 5,2g. As fibras alimentares são constituintes obrigatórios nos rótulos de alimentos, sendo que, devem conter alegações nutricionais de acordo com os atributos: baixo, muito baixo, não contém, sem adição, alto, fonte, reduzido ou aumentado (Brasil, 2020B).

Quanto ao valor de sódio, a polpa de maracujá e umbu apresentou teor de sódio de 8 g e 6 g, respectivamente. E ausente nas polpas de frutas: goiaba, manga e morango. Estudos comprovam a relação do alto consumo de sódio com o aumento da prevalência de DCNT. Sendo que, este mineral deve ser controlado na dieta (Zhao et al., 2011).

É válido salientar que, há uma exceção para os alimentos fabricados por agricultor familiar ou empreendedor familiar rural, empreendimento econômico solidário, microempreendedor individual, agroindústria de pequeno porte, agroindústria artesanal e alimentos produzidos de forma artesanal; que terão o prazo para adequação até 09 de outubro de 2024 (Brasil, 2022).

4. CONCLUSÃO

A implementação RDC nº 726/2022, RDC nº 429/2020 e IN nº75/2020, objetivam fornece melhores informações aos consumidores sobre os alimentos embalados, incluindo a tabela de informações nutricionais, a rotulagem frontal nutricional e as alegações nutricionais dos rótulos. Diante do comparativo realizado no atual estudo, foi possível

observar que as informações contidas na rotulagem das polpas de frutas A e B estavam a maioria de acordo com a nova legislação de rotulagem de alimentos.

REFERÊNCIAS

[1] AFFONSO R, Karen et al. Rotulagem nutricional: as informações da rotulagem de alimentos dos produtos do grupo dos cereais integrais influenciam em melhores escolhas alimentares?. 2021.

[2] BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA Nº. 360**, **DE 23 DE DEZEMBRO DE 2003**. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Disponível em: <http://www.crn3.org.br/uploads/Repositorio/2018_10_30/Resolucao-RDC-n-360-2003.pdf>.Acesso em: 18 nov. 2018.

[3] BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA – RDC Nº 26, DE 02 DE JULHO DE 2015.** Dispõe sobre os requisitos para rotulagem obrigatória dos principais alimentos que causam alergias alimentares. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2015/rdc0026_26_06_2015.pdf

[4] BRASIL. Ministério da Saúde. Normativa MAPA Nº 49 DE 26/09/2018. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 49 DE 26 DE SETEMBRO 2018,** estabeleceu em todo o território nacional a complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade de Suco e Polpa de Fruta.

[5] BRASIL[A]. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 75, DE 8 DE OUTUBRO DE 2020.** Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN+75_2020_.pdf/7d74fe2d-e187-4136-9fa2-36a8dcfc0f8f.

[6] BRASIL[A]. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO DIRETORIA COLEGIADA Nº. 429, DE 8 DE OUTUBRO DE 2020.** Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 8 de outubro de 2020.Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/RDC_429_2020_.pdf/9dc15f3a-db4c-4d3f-90d8-ef4b80537380

[7] BRASIL[B]. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - Nº 727, DE 1° DE JULHO DE 2022**. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_727_2022_.pdf.

[8] CÂNDIDO, Flávia Galvão et al. Impact of dietary fat on gut microbiota and low-grade systemic inflammation: mechanisms and clinical implications on obesity. **International journal of food sciences and nutrition**, v. 69, n. 2, p. 125-143, 2018.

[9] DE ALMEIDA, Camila Montini; BALMANT, Bianca Depieri. Avaliação do hábito alimentar pré e pós treino e uso de suplementos em praticantes de musculação de uma academia no interior do Estado de São Paulo. **RBNE-Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 11, n. 62, p. 104-117, 2017.

[10] DE MELO BARROS, Dayane et al. Atualizações sobre a rotulagem nutricional dos alimentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 1, p. 4483-4493, 2023.

[11] GONÇALVES, Jenisson Linike Costa et al. MUDANÇAS CAUSADAS PELA NOVA ROTULAGEM NUTRICIONAL DOS ALIMENTOS EMBALADOS: REVISÃO.

[12] KHANDPUR, Neha et al. Are front-of-package warning labels more effective at communicating nutrition information than traffic-light labels? A randomized controlled experiment in a Brazilian sample. **Nutrients**, v. 10, n. 6, p. 688, 2018.

[13] MACHADO, Sérly Santiago et al. Comportamento dos consumidores com relação à leitura de rótulo de produtos alimentícios. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 1, p. 97-103, 2008.

[14] MARTINS, Ana Paula Bortoletto et al. Increased contribution of ultra-processed food products in the Brazilian diet (1987-2009). **Revista de saude publica**, v. 47, p. 656-665, 2013.

[15] MCGLORY, Chris et al. The impact of exercise and nutrition on the regulation of skeletal muscle

mass. **The Journal of physiology**, v. 597, n. 5, p. 1251-1258, 2019.

[16] MONTEIRO, Carlos Augusto et al. Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system. **Rome: FAO**, v. 48, 2019.

[17] SHAHIDI, Fereidoon; ZHONG, Ying. Bioactive peptides. **Journal of AOAC international**, v. 91, n. 4, p. 914-931, 2008.

[18] ZHAO, Dong et al. Dietary factors associated with hypertension. **Nature Reviews Cardiology**, v. 8, n. 8, p. 456-465, 2011.

Capítulo 7

Análise da qualidade do leite pasteurizado integral comercializado na cidade de Feira de Santana-BA

Mona Liza Santana Santa Rosa Macêdo
Damari Gileno Figueiredo Souza

Resumo: O leite é um alimento que possui alto valor nutritivo e sua qualidade físico-química depende de múltiplos fatores, dentre eles a adição de substâncias proibidas que podem trazer riscos a saúde dos consumidores. O objetivo do trabalho foi analisar as características físico-químicas de três diferentes marcas de leite pasteurizado comercializados na cidade de Feira de Santana-BA e comparar os resultados com a legislação vigente. Os parâmetros analisados foram pH, acidez titulável, pesquisa de amido, substâncias alcalinas e conservantes, teste do alizarol e densidade a 15ºC. A análise qualitativa atestou a ausência de amido, peróxido de hidrogênio e alcalinos demonstrando que as amostras não foram fraudadas. Na análise físico-química verificou-se valores de pH abaixo do recomendado no L2 das amostras A e B e acidez titulável de todas as amostras em desconformidade, com exceção apenas do L1 da amostra A. O teste do alizarol apresentou resultado coloração marrom e grumos indicativos de acidez acima do permitido para o L2 e enquanto no L3 as amostras apresentaram-se estáveis; a densidade a 15 ^{0}C não apresentou conformidade no L1 das amostras A e C, no L2 da amostra C e no L3 das amostras B e C. A partir dos resultados obtidos concluiu-se que as amostras analisadas no período de coleta não foram adulteradas, no entanto as análises físico-químicas mostraram que nenhum lote avaliado das amostras A, B e C apresentaram-se em conformidade com a legislação. Tais resultados podem acarretar prejuízos nutricionais aos consumidores.

Palavras-chave: leite pasteurizado, análise físico-química, qualidade, fraude do leite.

1. INTRODUÇÃO

O leite é um alimento que possui alto valor nutritivo por conter carboidratos, proteínas, gorduras, vitaminas e minerais em sua composição em proporções variadas de acordo com fatores como a genética, alimentação, época de lactação e exercícios (Phillipi, 2014; Machado et al., 2014).

De acordo com os dados apresentados pela Pesquisa Pecuária Municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2015 foram produzidos no Brasil 35 bilhões de litros de leite, sendo a região Sudeste responsável 35, 2% da produção nacional (Brasil, 2015).

Com o aumento da produção em 1974 e modernização do setor de leite, surgiu em 1998 a preocupação com a qualidade do leite devido a sua alta perecividade. Com isso o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) criou Instrução Normativa nº 51/2002 que aprova os Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, tipo B, tipo C, Leite Pasteurizado e Leite Cru Refrigerado, objetivando padronizar a produção. Mais tarde, devido a baixa produção do leite tipo B e à dificuldade dos produtores em seguir os padrões da normativa 51/2002 o MAPA aprovou a Normativa 62 em 29 de Dezembro de 2011, que não apresenta parâmetros de identidade para Leite tipo B e tipo C (Maia, 2013).

Segundo a legislação brasileira o leite pasteurizado é obtido através do leite cru quando submetido a tratamento térmico na faixa de temperatura de 72 a 75ºC durante 15 a 20s, envasado em circuito fechado no menor prazo possível e classificado quanto ao teor de gordura como integral, semidesnatado ou desnatado, devendo ser transportado e armazenado sob-refrigeração (Phillipi, 2014; Brasil, 2011).

O leite tipo C difere-se do tipo A e B, por ser produzido com baixa exigência sanitária, podendo ser obtido por meio de ordenha manual ou mecânica, antes dos processos de pasteurização e envasamento que ocorrem em laticínios fora da fazenda, pode ser armazenada em tanques sem refrigeração (Maia, 2013).

Segundo a Normativa 51/2002 o leite tipo C para ser exposto ao consumidor deve apresentar teor de gordura em 3%, densidade a 15ºC entre 1.028 g/mL e 1.034 g/mL, acidez em g de ácido láctico/100 ml entre 0,14 g e 0,18 g, ausência de micro-organismos patogênicos (Brasil, 2002). Visando garantir a seguridade do leite toda a cadeia produtiva deverá estar envolvida no que se refere à qualidade higiênico-sanitária das instalações, do rebanho, da ordenha, água utilizada e condições de transporte e armazenamento (Reis et al., 2013).

A qualidade físico-química do leite depende de múltiplos fatores, dentre eles, a eficiência do tratamento térmico empregado e a ausência de substâncias que comprometem sua integridade e qualidade nutricional, (Porto, Lopes & Moura, 2015; Mareze et al., 2015). A adição de água e a retirada de gordura pode interferir diretamente na densidade do leite influenciando nas características dos subprodutos, do mesmo modo que os valores de pH podem interferir na concentração de ácido lático comprometendo a segurança do consumidor (Nascimento et al., 2016).

Segundo Abrantes et al. (2014) a adição de substâncias proibidas pode trazer riscos à saúde dos consumidores, especialmente aos grupos mais vulneráveis como crianças e idosos. Tais substâncias podem comprometer o valor nutritivo do alimento reduzindo-o por meio da diluição dos nutrientes e causando em longo prazo desnutrição, do mesmo modo que a adição de água, conservantes, alcalinizantes e reconstituintes podem

interferir na qualidade físico-química e microbiológica do leite causando problemas a saúde dos consumidores.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar as características físico-químicas de três diferentes marcas de leite pasteurizado tipo C integral comercializado na cidade de Feira de Santana-Ba e comparar os resultados com a legislação vigente apontando os problemas relacionados a não conformidade com a mesma.

2. METODOLOGIA

Foram analisadas amostras de três marcas de leite pasteurizado tipo C denominadas A, B e C, comercializadas em diferentes locais do mercado varejista da cidade de Feira de Santana-Ba no período de setembro e outubro de 2017. Foram realizadas três coletas no intervalo de 15 dias, perfazendo um total de 9 amostras, cada amostra com lote e validade diferentes. Em seguida as amostras foram acondicionadas em embalagens térmicas contendo gelo reciclável estéril e levadas ao laboratório de Bromatologia da Faculdade Estácio Feira de Santana, onde foram realizadas em triplicatas as seguintes análises: pH, acidez titulável, pesquisa de fraudes, teste do alizarol e densidade a 15ºC.

2.1. PH

A aferição do pH foi realizada em pHmetro de bancada previamente calibrado com as soluções tampão pH 4,0 e pH 7,0. Transferiu-se aproximadamente 50 ml da amostra em um béquer de 100 ml. Inseriu-se o eletrodo na amostra, após a estabilização foi realizada a leitura no display do equipamento (Castanheira, 2010).

2.2. ACIDEZ TITULÁVEL

Transferiu-se 10 ml da amostra para erlenmeyer de 125 ml, adicionou-se 2 ml da solução de fenolftaleína a 1% (m/v). Titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/l até o aparecimento da coloração rósea persistente por aproximadamente 30 segundos. O volume de hidróxido de sódio gasto na titulação foi anotado, para que realizasse a correlação com a acidez da amostra (Castanheira, 2010).

2.3. PESQUISA DE FRAUDES

A verificação da presença do amido foi realizada por meio de análise qualitativa utilizando o Lugol como reagente. A análise prosseguiu-se transferindo-se 10 ml de leite para um tubo de ensaio, aquecendo em banho-maria até a fervura, em seguida as amostras foram resfriadas em água corrente. Posteriormente adicionou-se 2 gotas de solução de Lugol e observou-se a coloração (Castanheira, 2010).

A verificação da presença de substâncias alcalinas foi realizada por meio de análise qualitativa utilizando a fenolftaleína como indicador. O procedimento ocorreu transferindo 10 ml da amostra de leite para um tubo de ensaio, adicionando 2 ml de solução de fenolftaleína a 1% (m/v) (Castanheira, 2010).

A presença de peróxido de hidrogênio foi analisada por meio de uma análise qualitativa utilizando como reagente a solução de iodeto de potássio a 10 %. A análise foi realizada

adicionando 2 ml da amostra e 2 ml de iodeto de potássio em três tubos de ensaio. Agitou-se e observou-se o resultado (Brasil, 2006).

2.4. TESTES DO ALIZAROL

Misturou-se partes iguais (2 mL) da solução de alizarol e amostra em um tubo de ensaio, agitou-se e observou-se o aspecto (Brasil, 2006).

2.5. DENSIDADES A 15ºC

Na determinação de densidade, transferiu-se para uma proveta 500 mL de leite. Em seguida introduziu-se na proveta o termolactodensímetro previamente calibrado, limpo e seco girando-o a 360^0, deixando-o repousar por 2 minutos até estabilizar. A leitura foi realizada na cúspide do menisco, observando a temperatura e corrigindo o resultado para 15°C (Castanheira, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados encontrados para o valor de acidez titulável das amostras analisadas foram comparados com os parâmetros exigidos pela Normativa 62/2011 do MAPA na categoria de Leite Pasteurizado. Uma vez que a mesma não possui parâmetros para densidade nesta categoria, os resultados obtidos da densidade a 15ºC foram comparados com os parâmetros para Leite Pasteurizado tipo C da Normativa 51/2002 do MAPA. Os resultados das análises físico-químicas estão descritos no Quadro 1:

Quadro 1. Resultados das análises físico-químicas das amostras de leite pasteurizado tipo C integral comercializadas em Feira de Santana-Ba

Marcas	Amostras	pH	Média da Acidez titulável	Densidade a 15°C
A	**L 1**	6,7	0,18 g/100 ml	1,038
	L 2	6,3	1,17 g/100 ml	1,034
	L3	6,7	0,45 g/100 ml	1,034
B	**L 1**	6,6	0,27 g/100 ml	1,034
	L 2	5,9	1,84 g/ 100g	1,032
	L3	6,7	0,45 g/100 ml	1,039
C	**L 1**	6,6	0,13 g/100 ml	1,027
	L 2	6,6	0,94 g/100 ml	1,037
	L3	6,7	0,45g/100 ml	1,035
Valores de Referência	-	6,6 a 6,8	0,14 a 0,18 g/100 ml	1,028 a 1,034

De acordo com o Quadro 1 apenas o L1 da marca A apresentou nível de acidez em conformidade com a legislação, que permite entre 0,14 e 0,18 de ácido lático/100 ml, já o L2 e L3 da marca A e o L1, L2 e L3 das demais marcas apresentaram valores superiores a Normativa 51/2002. Resultados similares foram encontrados por Oliveira & Santos (2012) que encontraram valores acima do permitido em 40% das amostras analisadas e afirmam que a falta de higiene durante a produção e refrigeração não imediata é a provável justificativa. Do mesmo modo que Montanhini & Paredes (2015) em seu estudo constataram acidez elevada em 50% das amostras analisadas sendo indicativo de fermentação microbiana.

Os valores de pH encontrados no L3 da marca A, do L1 e L3 da marca B e L2 e L3 da marca C apresentaram pH que variaram entre 6,6-6,7 não havendo uma relação com o teor de acidez expressa em ácido lático encontrada nas mesmas amostras. Tal resultado pode ser justificado, pelo fato de que os tipos diferentes de leite apresentam componentes de efeito tamponante diferentes, como sais, proteínas e dióxidos de carbono dissolvido (FERREIRA et al., 2001).

O pH do L2 das amostras A e B apresentaram pH abaixo do recomendado (Quadro 1). Nenhuma legislação apresenta parâmetros de referência para o pH do leite tipo C, porém segundo Silva et al. (2017) o mesmo pode ser um indicativo de crescimento microbiano, onde em seu estudo três das quatro amostras analisadas apresentaram o pH abaixo do intervalo considerado normal (6,6 a 6,8). Valores de pH encontrados abaixo dos padrões (6,6-6,8) em leite pasteurizado podem estar associados ao processo incorreto de pasteurização (MACHADO et al., 2014). Fatores como binômio tempo e temperatura de pasteurização apresentam influência direta na eficiência do tratamento.

Com relação à densidade, a legislação preconiza o padrão entre 1,028 e 1,034 g/ml, entretanto as amostras analisadas apresentaram desconformidade em pelo menos 1 lote de cada amostra (Quadro 1), cuja amostra C apresentou valor abaixo do mínimo no L1 e valores acima do máximo no L2 e L3. Segundo Machado et al. (2014) a análise de densidade é importante para detectar adulterações como desnate, adição de água e reconstituintes. Mareze et al. (2015) realizaram um estudo onde 1,25% das amostras apresentou densidade acima do valor de referência, e não houve detecção de nenhum reconstituinte, enquanto Porto et al (2015) constataram conformidade em 100% das amostras.

A densidade elevada sugere a presença de reconstituintes como amido para mascarar a aguagem, porém no teste do amido todas as amostras apresentaram resultado negativo, conforme mostra o Quadro 2, no entanto, valores altos de densidade podem ser atribuídos ao aumento de ácido lático, uma vez que a mesma amostra apresentou acidez elevada ao permitido. Segundo Nascimento et al. (2016) a ausência de gordura pode ser outro indicativo de modificações da densidade.

Quadro 2. Análise qualitativa das amostras de leite de leite pasteurizado tipo C integral comercializadas em Feira de Santana-BA

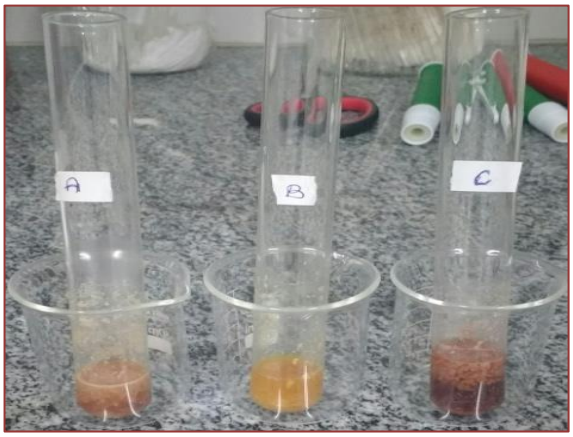
Amostras	Lotes	Amido	Alcalinos	Peróxido de Hidrogênio	Alizarol
A	L1	N	N	N	*
	L2	N	N	N	Instável
	L3	N	N	N	Estável
B	L1	N	N	N	*
	L2	N	N	N	Instável
	L3	N	N	N	Estável
C	L1	N	N	N	*
	L2	N	N	N	Instável
	L3	N	N	N	Estável

N = Negativo

** = Amostras não testadas com alizarol*

No quadro 2 é possível observar que o teste com alizarol indicou que no L2 às amostras A, B e C apresentaram acidez acima do permitido, com coloração marrom e com grumos na parede do tubo (Figura 1). Segundo a Normativa 68 de Dezembro de 2006 do MAPA a verificação dos resultados ocorre mediante o aspecto da amostra com alizarol (cor e estado físico). Em se tratando de uma análise qualitativa não padronizada, foi realizada análise de pH e acidez titulável padronizados, confirmando os resultados do alizarol. Quanto ao L3, as amostras apresentaram-se estáveis, sem formação de coágulo e coloração.

Figura 1. Teste do alizarol em amostras A, B e C do L2



Os resultados das análises qualitativas quanto a presença de substâncias alcalinas, foram negativos em todas as amostras analisadas (Quadro 2) demonstrando que não houve fraude intencional com intuito de mascarar a acidez do leite com tal. A presença peróxido de hidrogênio, utilizado como conservante, foi negativa em todas as amostras. Magalhães

et al. (2015) realizaram um estudo com cinco diferentes marcas, em quadruplicada, cuja marca A apresentou resultado positivo para peróxido de hidrogênio em todas as amostras.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise qualitativa do leite pasteurizado tipo C atestou a ausência de amido, peróxido de hidrogênio e alcalinos demonstrando que todas as amostras não encontravam-se fraudadas com tais substâncias. A análise físico-química demonstrou que 100% dos lotes não estão em conformidade com os parâmetros exigidos pela legislação, podendo ser indicativo de pasteurização incorreta, condições de higiene precárias e ausência de refrigeração logo após a ordenha. É fundamental que os responsáveis e colaboradores de toda a cadeia produtiva de leite adotem regulamentos de produção, transporte e armazenamento recomendados e que a fiscalização seja mais eficaz para garantir a qualidade nutricional, físico-química e microbiológica do produto ao consumidor.

REFERÊNCIAS

[1] ABRANTES, Maria Rociene; CAMPÊLO Carla Silva da; SILVA Jean Berg Alves. Fraude em leite: Métodos de detecção e implicações para o consumidor. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 73, p. 244, 2014. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2014/ses-31994/ses-31994-5905.pdf. Acesso em: 05 de agosto de 2017.

[2] BRASIL. **Instrução Normativa nº 51 de 18 de setembro de 2002. Aprova e oficializa o Regulamento Técnico de identidade e qualidade de leite pasteurizado tipo C refrigerado**. Diário Oficial da União. Brasília, 2002. Disponível em: https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-51-de-18-09-2002,654.html. Acesso em: 08 de agosto de 2017.

[3] _____. **Instrução Normativa n° 68 de 12 de dezembro de 2006.** Diário Oficial da União. Brasília, 2006. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2020/09/IN-MAPA-n%C2%BA-68-de-12-de-dezembro-2006.pdf. Acesso em: 20 de agosto de 2017.

[4] _____. **Instrução Normativa n°62 de 29 de dezembro de 2011**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 dez. 2011. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://wp.ufpel.edu.br/inspleite/files/2018/06/IN62.pdf. Acesso em: 21 de agosto de 2017.

[5] _____. **Produção da pecuária municipal/ IBGE**. v.43 p.17, 2015. Acesso em: 05 de agosto de 2017.

[6] CASTANHEIRA, Ana Carolina Guimarães. **Manual Básico de controle de qualidade de leite e derivados**. 2 ed. São Paulo: Cap-Lab, 2010.

[7] FERREIRA, Célia Lúcia Luces Fortes. **Produtos lácteos fermentados – aspectos bioquímicos e tecnológicos.** 2 ed. Viçosa: UFV, 2001.

[8] MACHADO, *Ana Rita Thomazela, et al.* Características físico-químicas e sensoriais de três marcas de leite de vaca pasteurizado e comercializado na cidade de Alfenas-MG. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, n. 2, p. 93-99, 2014. Disponível em: http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/1487. Acesso em: 25 de agosto de 2017.

[9] MAIA, Guilherme Baptista Silva da, *et al*. Produção leiteira no Brasil. **Agropecuária**, v.37, p.371-398, 2013. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1514. Acesso em: 01 de setembro de 2017.

[10] MAGALHÃES, Marcus Vinícius Ferreira, *et al*. Análise físico-química e microbiológica do leite pasteurizado integral tipo C comercializado em Aracaju-SE. **Revista SCIENTIA PLENA**, v. 11 n. 4, 2015. Disponível em: https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/2485/1180. Acesso em:18 de agosto de 2017.

[11] MAREZE, Juliana, *et al*. Detecção de adulterações do leite pasteurizado por meio de provas oficiais. **Seminário de Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 36, n. 1, p. 283-290, 2015. Disponível em: https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/19258/16930. Acesso em: 29 de agosto de 2017.

[12] MONTANHINI, Maike Taís Maziero; PAREDES, Francielle. Avaliação da temperatura de armazenamento e da qualidade do leite pasteurizado comercializado por supermercados em Curitiba, Paraná. **Vigilância em Debate**, v. 3 p 94, 2015. Disponível em: http://www.visaemdebate.incqs.fiocruz.br/. Acesso em: 27 de setembro de 2017.

[13] NASCIMENTO, Mariana Reato, *et al*. Caracterização físico-química do leite em propriedades do município de Santa Rita do Passa Quatro – SP. **Revista Investigação, Medicina Veterinária**, v. 15 p. 49-54, 2016. Disponível em: https://publicacoes.unifran.br/index.php/investigacao/article/view/1184. Acesso em: 08 de setembro de 2017.

[14] OLIVEIRA, Emanuel Neto Alves de; SANTOS, Dyego Costa. Avaliação da qualidade físico-química de leites pasteurizados**. Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, p 193, 2012. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/10/rial71_1_completa/1454.pdf. Acesso em: 29 de agosto de 2017.

[15] PHILLIPI, Sonia Tucunduva. **Nutrição e Técnica Dietética**. 3 ed. Barueri: Manole, 2014.

[16] PORTO, Rayssa Gabriela Costa Lima; LOPES, Lays Arnaud Rosal; MOURA, Juliana Cristina Silva da. Caracterização físico-química de leite pasteurizado comercializado na cidade de Teresina-PI. **Ensaios e Ciencia: Ciências Biológicas e Agrárias da Saúde**, v. 19, n. 1, p. 21-25, 2015. Disponível em: https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaioeciencia/article/view/3012. Acesso em: 27 de setembro de 2017.

[17] REIS, Karla Terezinha Gollner, *et al*. Qualidade Microbiológica do Leite Cru e Pasteurizado Produzido no Brasil: Revisão**. UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde;** v. 15, p. 411-421, 2013. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-705078. Acesso em: 29 de agosto de 2017.

[18] SILVA, Millany Rodrigues Oliveira, *et al.* Qualidade de leites pasteurizados comercializados na cidade de Abreu e Lima-PE*.* **Revista Brasileira de Agrotecnologia,** v.7 n. 1 p. 1-4, 2017. Disponível em: https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/4697. Acesso em: 15 de agosto de 2017.

Capítulo 8

Avaliação do emprego de radiação catalítica ionizante na descontaminação de linhas e de cortes de frango em um abatedouro de aves

Bruna Paola Lesse Amorim
Cristiane Canan
Deisy Alessandra Drunkler

Resumo: O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito da radiação catalítica ionizante em uma linha de produtos de cortes de frango congelados individualmente e rapidamente (IQF-*Individually Quick Frozen*) sobre as condições microbiológicas do ar ambiente da sala de processamento, da superfície dos equipamentos onde os produtos eram manipulados e dos cortes de frango processados (coxinha de asa e frango a passarinho). Os tratamentos consistiram em: controle (sem utilização do equipamento e radiação catalítica ionizante - RCI), e utilização do equipamento; cujo modelo experimental adotado foi o esquema fatorial triplo (tratamento x semana x tempo), com parcela subdividida (amostra). Os dados de contagem de bactérias viáveis totais, *Enterobacteriaceae,* mesófilos aeróbios e coliformes termotolerantes foram analisados usando análise de variância; os resíduos foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade e, quando violados, foi utilizada uma transformação adequada dos dados. As variáveis analisadas de genes Salmonella spp. foi multivariada para estabelecer a correspondência entre os resultados de ausência e presença de genes alvos e determinar a diferença entre tratamentos. Quando a ANOVA foi significativa ($p < 0,05$), procedeu-se o teste de Tukey. Os resultados apresentados demonstraram que com a utilização da RCI, ocorreu redução significativa da contagem de bactérias viáveis totais, *Enterobacteriaceae* e mesófilos aeróbios, no ambiente e na superfície ($p < 0,05$). Porém, não houve diferença significativa entre os tratamentos controle e o emprego da radiação catalítica para as contagens de coliformes termotolerantes e *Salmonella spp*. nos cortes de frango ($p > 0,05$). Conclui-se que o RCI provou ser um método eficaz de redução de contagem bacteriana ambiental e das superfícies examinadas. No entanto, sua atuação nos cortes de frango não foi observada, provavelmente devido ao tempo de exposição.

Palavras-chaves: avicultura, abatedouro, descontaminação, radiação catalítica ionizante.

1. INTRODUÇÃO

O consumo da carne de frango é mundialmente crescente, sendo uma das carnes mais consumidas no Brasil. Com um consumo per capita de 45,2 kg/hab., a produção de frangos no Brasil vem aumentando ano a ano e atingiu cerca de 14,52 milhões de ton em 2022, mantendo-se no posto de segundo lugar na produção mundial. Deste volume de carne produzido, 66,80% foram destinadas ao consumo interno e 33,20% para as exportações (ABPA, 2023). Dentre os produtores nacionais, a região Sul se destaca, sendo o Paraná o principal produtor e exportador de aves do País (Tremea; Silva, 2020).

A expressão internacional do país como exportador de alimentos de origem animal e as crescentes exigências do mercado tem feito com que a cadeia produtiva se preocupe com a segurança dos alimentos, já que carnes e produtos de origem animal podem ser contaminados por microrganismos deteriorantes e patogênicos que impactam não somente sob o ponto de vista econômico mas, também, de saúde pública.

Muitas tecnologias têm sido aplicadas na indústria de alimentos visando reduzir os níveis de contaminação microbiológica e, por conseguinte, melhorar a qualidade dos alimentos e aumentar a vida útil, tais como tecnologias baseadas no emprego do frio (Sousa *et al*., 2013), alta pressão hidrostática (Cap *et al*., 2020), atmosfera modificada (Guerra *et al*., 2017), aplicação de ozônio (Ortega *et al*., 2007) e o emprego de radiação ionizante (Albert *et al*., 2021).

A radiação é uma tecnologia que tem se destacado na área de carnes e derivados e consiste em expor à radiação ionizante produzida por máquinas de feixes de elétrons ou por fontes radioativas (Ham *et al*., 2017). Neste âmbito é possível destacar a tecnologia de radiação catalítica ionizante (RCI, do inglês *Radiant Catalytic Ionization*), que permeiam do ponto de vista classificatório, entre os métodos físicos e químicos de sanitização (Skowron *et al.*, 2022), apresentando como vantagem, em contraste com os raios gama, raios X e elétrons de alta energia, a possibilidade de sua aplicação em aparelhos de refrigeração doméstica, câmaras frigoríficas industriais e salas com baixa temperatura interna, destinadas para armazenamento tanto para a alimentos crus quanto processados (Skowron *et al.,* 2020b).

A RCI utiliza o princípio da oxidação fotocatalítica, no qual o emprego da Radiação Ultravioleta (UV), do Dióxido de Titânio (TiO_2) e de Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) resultam na formação de espécies reativas de oxigênio (ROS) (Hashimoto; Irie; Fujishima, 2005). Os ROS podem causar estresse oxidativo nos microrganismos, danificando macromoléculas, como proteínas, DNA e lipídios, resultando em alterações da atividade biológica e morte celular (Lam *et al*., 2020).

A tecnologia de RCI tem se mostrado eficiente na redução de muitos microrganismos, como *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli, Enterococcus faecalis, Salmonella enteritidis, Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus, Streptococcus epidermidis, Bacillus subtilis, Clostridium sporogenes, Candida albicans, Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenumon, Streptococcus pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa, Bacillus globigii e Stachybotrys chartarum*e (Skowron *et al*., 2018; Teodoro *et al*., 2017; Ortega *et al*., 2007; Ferreira; Daniel, 2005;)

Com base no acima exposto, o objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito do processo de radiação catalítica ionizante no processamento de frangos, em especial na linha de produtos IQF (*Individually Quick Frozen*), onde as condições microbiológicas serão determinadas analisando a qualidade do ar ambiente e superfícies de manipulação

da sala de processamento, bem como análise da qualidade microbiológica dos cortes de frango.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL E ESQUEMA DE COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISE

O estudo foi realizado em um abatedouro de aves localizado na região Oeste do Paraná, em uma sala com temperatura ambiente de 8 ± 2 °C, paredes com painel isotérmico de poliuretano, com uma área total de 22,60 m^2 (altura: 3,40 m, largura: 3,23 m, comprimento: 7,31 m), onde os produtos congelados individualmente e rapidamente (coxinha de asa e frango a passarinho) eram embalados e, a seguir, acondicionados em caixas.

A coleta das amostras foi realizada em dois momentos: antes (denominada de controle) e após a instalação do equipamento de RCI.

Inicialmente, logo após o processo de higienização e sanitização tradicional, foram coletadas as amostras do ar, superfície e dos cortes em estudo nos tempos 0 (15 minutos após a exposição), tempo 1 (08 horas após o início do processo) e tempo 2 (16 horas após o inicio do processo), durante duas semanas, dois dias a cada semana.

A seguir, o equipamento foi instalado na referida sala (PA 150, *EcoQuest*), na parede contrária a entrada da sala para permitir maior permanência do ROS no ambiente. O equipamento permaneceu acionado durante os dois turnos de processamento da linha de produção totalizando 17 horas e 36 minutos diárias da aplicação da tecnologia. Foram realizadas coletas das mesmas amostras nos tempos 0 (15 minutos após a exposição), tempo 1 (08 horas após o início do processo) e tempo 2 (16 horas após o inicio do processo), durante duas semanas, dois dias a cada semana.

2.2. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

2.2.1. AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL E DA SUPERFÍCIE DOS EQUIPAMENTOS

Na determinação de microrganismos mesófilos aeróbios foi empregada à técnica de sedimentação em placas de Petri (ISO 4833, 2013) e o resultado expresso em densidade microbiana calculada a partir da fórmula de Marshall (1992).

Para avaliar a qualidade microbiológica das superfícies dos equipamentos foi utilizada a técnica do *swab*. Para tal, o s*wab* esterilizado e umedecido foi friccionado sobre a superfície, com a utilização de um delimitador esterilizado, em movimentos giratórios com pressão constante numa inclinação aproximada de 45° em movimentos realizados da esquerda para a direita e depois da direita para a esquerda compreendendo toda a área do molde delimitador, a haste manuseada do s*wab* foi quebrada e este novamente imergido na solução (Apha, 2001). O diluente então foi analisado para enumeração de *Enterobacteriaceae* e bactérias viáveis totais, sendo os resultados expressos em UFC/cm^2 de superfície (Andrade, 2008).

2.2.2. AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DOS CORTES DE FRANGO

As contagens de coliformes termotolerantes nos cortes de frango (UFC/g) foram realizadas utilizando o método *PetrifilmTM EC (*3M™*,* Maplewood, Minnesota*,* USA*)* de acordo com a AOAC (1991).

A pesquisa de *Salmonella* spp. foi realizada de acordo com o protocolo preconizado pela AOAC (2005). Semelhante ao preparo realizado para análise de coliformes termotolerantes, alíquotas de 25 g de cada amostra foram assepticamente pesadas e acondicionadas em sacos plásticos estéreis. Foram então adicionados 225 mL de água peptonada tamponada 1% estéril e em seguida, as amostras foram homogeneizadas, com auxílio de um *Stomacher*, por 60 s. Para a extração de DNA foi pesada 0,1 g de amostra e utilizado o kit de extração, seguindo o protocolo do fabricante e mensurado a absorbância de 260 a 280 nm em espectrofotômetro *Nano Drop* 2000 *(Thermo Scienteific, Waltham,* Massachusetts, USA*)* para checar a integridade do DNA extraído. As amostras de DNA foram diluídas para 50 ng/µL e submetidas à reação em cadeia da polimerase em tempo real (*qPCR*), utilizando o sistema *TaqMan* para a determinação da ausência ou presença de número de cópias de genes de virulência bacteriano.

2.3. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O modelo experimental adotado foi o esquema fatorial triplo (tratamento x semana x tempo), com parcela subdividida (amostra). Os dados obtidos para microrganismos mesófilos aeróbios, *Enterobacteriaceae,* bactérias viáveis totais e coliformes termotolerantes foram analisados usando análise de variância; os resíduos foram testados quanto à normalidade e homocedasticidade e, quando violados, foi utilizada uma transformação adequada dos dados. As variáveis analisadas de genes *Salmonella* spp. foi multivariada para estabelecer a correspondência entre os resultados de ausência e presença de genes alvos e determinar a diferença entre tratamentos. Para análise estatística dos resultados de ausência ou presença de foram aplicados um (1) em análises positivas e zero (0) em análises negativas para *Salmonella* spp. Quando a ANOVA foi significativa ($P<0.05$), procedeu-se o teste de Tukey. O nível de significância adotado foi de 5% e todas as análises foram feitas pelo software *SAS*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL E DAS SUPERFÍCIES DOS EQUIPAMENTOS

Os resultados das análises microbiológicas de sedimentação do ar ambiente e da superfície dos equipamentos, controle e com a utilização do equipamento de RCI, estão descritas na Tabela 1, e demonstraram que o emprego de RCI reduziu significativamente as contagens dos microrganismos mesófilos aeróbios no ar ambiente e das bactérias viáveis totais e *Enterobacteriaceae* nas superfícies de manipulação dos produtos.

Tabela 1. Resultados das análises microbiológicas de ar ambiente e superfícies dos equipamentos para os tratamentos sem (controle) e com a aplicação de radiação ionizante catalítica (RCI)

Tratamentos/ Análises microbiológicas	Controle	RCI
Mesófilos aeróbios (UFC/placa/10 minutos)	29,56 ± 62,08[a*]	23,25 ± 39,52[b]
Bactérias Viáveis Totais (*UFC/cm²*)	236,56 ± 68,36[a]	92,28 ± 97,69[b]
***Enterobacteriaceae* (UFC/cm²)**	68,98 ± 90,50[a]	6,60± 13,11[b]

* Nota: Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A aplicação da radiação catalítica ionizante (RCI) mostrou-se benéfica no presente estudo, pois a contaminação ambiental é uma preocupação crescente em plantas frigoríficas, em especial em relação à carga de microrganismos presentes no ar que compõem os bioaerossóis (Lues *et al*., 2007), já que pode haver uma correlação positiva entre a carga microbiana nos bioaerossóis e em carne vermelha no mesmo local (Shale *et al*., 2006).

Houve redução de cerca de 21% na contagem de mesófilos aeróbios no ar ambiente quando aplicado o RCI em comparação com o processo tradicional de sanitização (controle). Skowron *et al*. (2018), ao avaliarem o impacto da RCI na remoção dos microrganismos presentes no ar, verificaram que a ação da RCI variava de acordo com a espécie microbiana (vegetativa ou esporulada) e tempo de aplicação da tecnologia; mas que, de uma forma geral, apresentaram resultados positivos para todos os microrganismos testados e superiores aos obtidos neste trabalho (71,73% a 100%).

Nas condições do experimento, as maiores reduções foram observadas para os microrganismos indicadores da qualidade microbiológica da superfície dos equipamentos, onde a enumeração de bactérias viáveis totais reduziu cerca de 61% e *Enterobacteriacea* de 90%. Resultados similares foram obtidos por Ortega *et al*. (2007) ao verificaram a aplicação da técnica de RCI pelo mesmo equipamento utilizado neste estudo por 24 h e que resultou na redução de 90% dos microrganismos avaliados. Skowron *et al*. (2018) obtiveram redução na ordem de 90% para *E. coli, L. monocytogenes* e *S. enteritides* quando presentes em aço AISI 340, similar aos resultados encontrados para *Enterobacteriaceae*.

Em especial, a maior redução observada foi na enumeração das *Enterobacteriaceae*, uma vez que pode estar relacionado ao fato de que os microrganismos pertencentes a esta família apresentarem características Gram-negativas (tais como *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Escherichia coli,* entre outras) e são mais sensíveis à radiação ionizante do que as Gram-positivas, como *Listeria* e *Staphylococcus,* e esporos bacterianos como os do *Clostridium* que são mais resistentes que as formas vegetativas de bactérias da mesma espécie (Miyagusku, 2008).

3.2. AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DOS CORTES DE FRANGO

As análises dos produtos finais foram realizadas em cortes de frango a passarinho e coxinhas das asas, produtos processados na sala onde o estudo foi conduzido. Na Tabela 2 é possível observar os resultados obtidos das amostras.

As amostras analisadas para *Salmonella* spp. apresentaram resultado positivo para o microrganismo durante o tratamento controle e na fase de aplicação da tecnologia de RCI.

Estes resultados apontam um desvio referente à legislação brasileira vigente que estabelece como resultado aceitável ausência de *Salmonella* spp. em 25 g (Brasil, 2001).

Tabela 2. Resultados das análises realizadas em cortes de frango processados no ambiente sem (controle) e com aplicação de radiação catalítica ionizante (RCI)

Tratamentos/Análises microbiológicas	Controle	RCI
***Salmonella* spp.**	0,21 ± 0,41	0,22 ± 0,42
Coliformes termotolerantes (UFC/g)	166,67 ± 44,32	106,88 ± 119,58

Os valores obtidos para *Salmonella* spp. e coliformes termotolerantes UFC/g não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, controle e RCI ($p > 0,05$) (Tabela 2). Resultados similares foram obtidos por Skowron *et al*. (2020a) ao avaliar *Campylobacter jejuni* (CJE), *Listeria monocytogenes* (LMO), e *Salmonella enteritidis.*

Os resultados obtidos no teste podem estar relacionados com o método de exposição dos produtos a RCI, uma vez não é aplicada diretamente ao produto; assim como ao tempo de exposição que é um importante fator (Ortega *et al.*, 2007). Kim *et al.* (2013) aplicaram radiação ultravioleta juntamente com fotocatálise do dióxido de titânio a células de *Salmonella typhimurium* e observaram que danos ao DNA só eram causados após 30 minutos de exposição. Com base nos estudos de aplicação de radiação ionizante pode-se concluir que o tempo de exposição é um fator determinante, sobre a ação da radiação ionizante na estrutura celular bacteriana, as superfícies da sala de processamento ficaram expostas a radiação por aproximadamente 16 h por dia durante as 08 semanas em que o teste ocorreu; porém, os produtos permaneciam expostos à radiação por, aproximadamente, 3 minutos antes de serem embalados e armazenados. Por sua vez, Saini *et al.* (2014) obtiveram melhores resultados ao empregarem a fotoxidação por um tempo maior ao aplicado neste estudo, utilizando o equipamento Photohydroionization™ (PHI; RGF Environmental Group, Inc., Riviera, Beach, FL) com reduções entre 1.39 e 1.63 log UFC/ amostra depois de 120 s e 2,16 e 2, 52 log UFC/ amostra depois de 5 min para queijos e perus prontos para o consumo, respectivamente.

A superfície de contato para a ação do RCI também interfere na eficiência de redução dos microrganismos. Superfícies mais porosas tendem a apresentar menor redução da contaminação microbiológica; o mesmo princípio pode ser extrapolado aos cortes de frango avaliados (Skowron *et al*., 2018, Mannozi *et al*., 2018).

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que a radiação catalítica ionizante é eficiente na redução das contagens de colônias de bactérias viáveis totais UFC/cm^2 e *Enterobacteriaceae* UFC/cm^2 em superfícies de manipulação, e reduziu as contagens de microrganismos mesófilos aeróbios UFC/placa/10 min presentes no ar ambiente mostrando-se um bom agente bactericida, eficiente contra bioaerossóis presentes no ar que podem se depositar sobre as superfícies e produtos atuando como fontes de contaminação. Esta ação bactericida, entretanto, não foi observada de forma significativa em cortes de frango para as análises de *Salmonella* spp. e coliformes termotolerantes, em virtude do tempo de exposição do produto ao peróxido de hidrogênio e composição da matéria.

A redução da contaminação ambiental está relacionada com os níveis de contaminação dos produtos, portanto as tecnologias que ofereçam estes benefícios devem ser avaliadas simultâneas as boas práticas de fabricação.

REFERÊNCIAS

[1] ABPA. **Relatório Anual 2023 ABPA**. São Paulo - SP: [s.n.]. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>. Acesso em: 01 jun. 2024.

[2] ALBERT, T.; BRAUN, P. G.; SAFFAF, J.; WIACEK, C. Physical Methods for the Decontamination of Meat Surfaces. **Current Clinical Microbiology Reports**, v. 8, n. 2, p. 9–20, 2021.

[3] ANDRADE, N. J. de**. Higiene na indústria de alimentos, avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos**. 22 ed. São Paulo: Varela, 2008.

[4] Association Official Analytical Chemists (AOAC). *Salmonella* in foods enzyme-linked immune fluorescent assay screening method. **Official Method 996.08. The Official Methods of analysis**. 18 ed. AOAC international, Gaithersburg. MD. 2005.

[5] Association Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis. 15 ed., Washington, DC: Association Official Analytical Chemists; 1991.

[6] APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington, American Public Health Association, 2001. 1219P.

[7] BRASIL. Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b>. Acesso em: 05/10/2017.

[8] CAP, M.; PAREDES, P. F.; FERNÁNDEZ, D.; MOZGOVOJ, M.; VAUDAGNA, S. R.; RODRIGUEZ, A. Effect of High Hydrostatic Pressure on Salmonella Spp Inactivation and Meat-Quality of Frozen Chicken Breast. **LWT**, v. 118, p. 108873, 2020.

[9] FERREIRA, I. V. L.; DANIEL, L. A. Fotocatálise heterogênea com TiO_2 aplicada ao tratamento de esgoto sanitário secundário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.9, n.4, p.335-342, 2005.

[10] GUERRA, N.; MACIEL, J. F.; ARAÚJO, J.; CAVALHEIRO, J. M. O. Efeito da embalagem com atmosfera modificada associada ao ácido ascórbico na vida útil de filés de tilápia-do-nilo (*Oreochromisniloticus*). **Brazilian Journal of Food Technology,** Campinas, v. 20, e. 2015045, 2017.

[11] HAM, Y. K; KIM, H. W.; HWANG, K. E.; SONG, D. H.; KIM, Y. J.; CHOI, Y. S.; SONG, B. S.; PARK, J. H.; KIM, C. J. Effects of irradiation source and dose level on quality characteristics of processed meat products. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 130, n. 1, p. 259–264, 2017.

[12] HASHIMOTO, K; IRIE, H; FUJISHIMA, A. TiO_2 Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospects, **Japanese Journal of Applied Physics**, v. 44, p. 8269–8285, 2005.

[13] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION -ISO 4833-1:2013 - Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Colony-count technique at 30°C. Switzerland, 2013. 9 p

[14] KIM, S.; GHAFOOR, K.; LEE, J.; FENG. M.; HONG, J.; LEE, D.U.; PARK, J. Bacterial inactivation in water, DNA strand breaking, and membrane damage induced by ultraviolet-assisted titanium dioxide photocatalysis. **Water Research**, v. 47, p. 4403 -4411, 2013.

[15] LAM, P.-L.; WONG, R. S.-M.; LAM, K.-H.; HUNG, L.-K.; WONG, M.-M.; YUNG, L.-H.; HO, Y.-W.; WONG, W.-Y.; HAU, D. K.-P.; GAMBARI, R.; CHUI, C.-H. The Role of Reactive Oxygen Species in the Biological Activity of Antimicrobial Agents: An Updated Mini Review. **Chemico-Biological Interactions**, v. 320, p. 109023, 2020.

[16] LUES, J. F. R.; THERON, M. M.; VENTER,P.; M. H. RASEPHEI, R. Microbial Composition in Bioaerosols of a High-Throughput Chicken-Slaughtering Facility. **Poultry Science**, v. 86, p. 142–149, 2007.

[17] MANNOZZI, J. T.; MACKAY, W. J. ; FULFORD, D. E.; STEELE, C. W. Evaluation of radiant catalytic ionization in reducing *Escherichia coli*, *Listeria innocua* and *Salmonella typhimurium* on representative

food contact surfaces. **The Texas Journal of Science**, v. 70, n. 1, p. Article 6, 2018.

[18] MARSHALL, R.T. **Standard methods for the examination of dairy products**. 16º ed. Washington, DC: American Public Health Association, 546p, 1992.

[19] MIYAGUSKU, L. Influência da radiação ionizante (^{60}Co) na manutenção da qualidade físico-química, microbiológica e sensorial de cortes de coxa e filé de peito de frango acondicionado em diferentes sistemas de embalagens. **Tese de Doutorado** (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2008. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/255588>. Acesso em: 01 abr 2024.

[20] ORTEGA, M. T; FRANKEN, L.J; HATESOHL, P.R; MARSDEN, J. L. Efficacy of *Ecoquest* radiant catalytic ionization cell and breeze at ozone generator at reducing microbial populations on stainless steel surfaces. **Journal of Rapid Methods & Automation in Microbiology,** v. 15, p. 359-368, 2007.

[21] SAINI, J. K; MARSDEN, J. L.; GETTY, K.J.; FUNG D.Y. Advanced oxidation technology with photohydroionization as a surface treatment for controlling *Listeria monocytogenes* on stainless steel surfaces and ready-to-eat cheese and turkey. **Foodborne Pathog. Dis.,** v. 11 n. 4, p. 295-300, 2014.

[22] SHALE, K.; JACOBY, A.; PLAATJIES, Z. The impact of extrinsic sources on selected indicator organisms in a typical deboning room. **International Journal of Environmental Health Research,** v. 16, n. 4, p. 263-272, 2006.

[23] SKOWRON, K; GRUDLEWSKA, K; KWIECINSKA-PIROG, J; GRYN, G; SRUTEK, M; GOSPODAREK-KOMKOWSKA, E. Efficacy of radiant catalytic ionization to reduce bacterial populations in air and on different surfaces. **Science ofthe Total Environment**, v. 610–611, p.111–120, 2018.

[24] SKOWRON, K.; SKOWRON, K. J.; BAUZA-KASZEWSKA, J.; WAŁECKA-ZACHARSKA, E.; KWIECIŃSKA-PIRÓG, J.; GRUDLEWSKA-BUDA, K.; WIKTORCZYK, N.; GOSPODAREK-KOMKOWSKA, E. The Antimicrobial Effect of Radiant Catalytic Ionization on the Bacterial Attachment and Biofilm Formation by Selected Foodborne Pathogens under Refrigeration Conditions. **Applied Sciences**, v. 10, n. 4, 2020a

[25] SKOWRON, K.; WAŁECKA-ZACHARSKA, E.; GRUDLEWSKA, K.; KWIECIŃSKA-PIRÓG, J.; WIKTORCZYK, N.; KOWALSKA, M.; PALUSZAK, Z.; KOSEK-PASZKOWSKA, K.; BROŻEK, K.; KORKUS, J.; GOSPODAREK-KOMKOWSKA, E. Effect of Selected Environmental Factors on the Microbicidal Effectiveness of Radiant Catalytic Ionization. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, 2020b.

[26] SKOWRON, K.; WIKTORCZYK-KAPISCHKE, N.; GRUDELWSKA-BUDA, K.; ZACHARSKI, M.; PALUSZAK, Z.; GOSPODAREK-KOMKOWSKA, E. Antimicrobial Effect of Radiant Catalytic Ionization. **Letters in Applied Microbiology**, v. 74, n. 4, p. 482–497, 1 Apr. 2022.

[27] SOUSA, M. C.; TEIXEIRA, L. J. Q; ROCHA, C. T.; FERREIRA, G. A. M; LIMA FILHO, T. Emprego do frio na conservação de alimentos**. Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 1027-1046, 2013.

[28] TEODORO, A; BONCZ, M. A; PAULO, P. L; JUNIOR, A. M. Desinfecção de água cinza por fotocatálise heterogênea. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, p.1017-1026, 2017.

[29] TREMEA, F. T.; da SILVA, A. C. O setor avícola no Brasil e sua distribuição regional. **Economia e Região,** Londrina (PR), v. 8, n.1, p. 183-200, jan./jun. 2020.

Autores

AUTORES

AIRTON DAMASCENO SILVA

Licenciado em Química (2014) pela Universidade Federal de Viçosa (Viçosa, MG), Mestre em Química (2016) pelo Instituto de Química da UNESP (Araraquara, SP), Doutor em Ciências (2021) pela Universidade Federal de São Carlos (São Carlos, SP). Tem experiência na bioprospecção de novos metabólitos bioativos produzidos por fungos endofíticos associados a algas marinhas e fungos fitopatogênicos de plantas tropicais tendo interesse principalmente em substâncias com atividades bactericida, fungicida, leishmanicida e inibidores enzimáticos de cisteíno proteases. Também desenvolveu pesquisa em ecologia química investigando principalmente a interação fungo-fungo com o objetivo de encontrar metabólitos secundários potencialmente aplicáveis no biocontrole de fungos fitopatogênicos. Tem conhecimento em técnicas de microextração (SPE e SPME), separação (HPLC-DAD-MS e GC-FID-MS) e identificação/caracterização molecular (RMN e MS). Quimiometria também é uma ferramenta de uso frequente. Atuou como professor substituto no Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Campus Ipanguaçú. Atualmente é aluno de pós doutorado na Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto - USP.

ALESSANDRA REGINA PEPE AMBROZIN

Possui graduação em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1997), mestrado (2000) e doutorado (2004) na área de Química Orgânica pela Universidade Federal de São Carlos. No período de 2008-2009, realizou seu pós-doutorado na área de biocombustíveis e materiais na mesma universidade. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química Orgânica. Atuou especialmente em temas relacionados à Química de Produtos Naturais, pesquisando plantas brasileiras das famílias Rutaceae e Meliaceae e suas atividades biológicas (ação tripanocida e inseticida). Também trabalhou com síntese orgânica, pesquisando e desenvolvendo processos para a síntese de agroquímicos. Atuou como pesquisadora na área de biocombustíveis (etanol e biodiesel), estudando métodos analíticos para a caracterização destes combustíveis, assim como investigando seu efeito corrosivo sobre materiais metálicos. Atualmente é professora adjunto da Universidade Federal de Alfenas e atua na pesquisa de produtos naturais bioativos, especialmente em otimização de processos de extração sólido-líquido para obtenção de extratos ricos em compostos bioativos.

ALESSANDRA STANGHERLIN DE OLIVEIRA

Formada em Tecnologia em Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (2015), Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos - UFSM (2016), e Doutora em Ciência e Tecnologia dos Alimentos - UFSM (2023). Possui experiência em extração e análise de compostos bioativos, análise de alimentos com enfoque em métodos de controle de qualidade envolvendo termografia no infravermelho, e desenvolvimento e validação de métodos analíticos

ANA VLÁDIA BANDEIRA MOREIRA

Bacharel em Nutrição (UECE-1997).Mestre e Doutora em Ciência dos Alimentos (USP/1999, 2003). Foi docente na UFRN (1999 a 2009), bem como da UFV (2009 a 2018), nas quais atuou nas áreas de Técnica Dietética, Nutrição e Metabolismo e Nutrição Esportiva. Tutora das empresas Juniores: EmpNut/UFV (2013-2015) e Alimentar (2021-2022). Coordenou o programa de extensão com interface em pesquisa pró-celíaco (2010-2017) e PROGASTRO (2018-2022). Sócia cotista da empresa incubada Celícias/CENTEV (2013-2015). Especialista em Docência em Saúde (UFRGS-2015). Escotista do Distrito Zona da Mata (2012_). Tutora/coordenadora PET Saúde Interprofissionalidade (2019-2021); e, tutora Pet Saúde (2022-2023).Atualmente é professora Associada da Universidade Federal de Juiz de Fora (2018_), a qual estará envolvida nas disciplinas Técnica Dietética, TCC e Estágio em Gestão de Produção de Refeições. Trabalha com Pesquisa aplicada na área de Componentes Bioativos, Dietética e Novos Produtos. Escotista da Região Matas de MInas. Estudante de gastrononomia (2022_)

AUTORES

ANDRESSA INÊS SCHÚ

Possui graduação em Tecnologia em Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (2023). Atualmente é mestranda no Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria e cursa especialização em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas. Tem experiência na área de Tecnologia em Alimentos com ênfase em análise de alimentos e controle de qualidade de produtos de origem animal.

ANGÉLICA MARQUETOTTI SALCEDO VIEIRA

Engenheira de Alimentos pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (1996), mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (1999) e doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (2004). Realizou projeto de pós-doutorado na Universidade Estadual de Maringá - PR (2007) e no Consejo Superior de Investigacion Cientifica de Madrid -ES(2008). Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Processos Bioquímicos e Tratamento de Águas de Abastecimento. Atualmente é professora Associado Nível B do curso de Engenharia de Alimentos no Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Maringá. Orientadora nos programas de Pós-graduação em Ciência de Alimento/UEM e Engenharia Química/UEM.

ASTRÉA FILOMENA DA SOUZA SILVA

Possui graduação em Bacharelado em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1986), mestrado em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1991) e doutorado em Química pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1997). Possui experiência em gerenciamento de laboratórios certificados de acordo com os requisitos da ABNT ISO IEC 17025 e no gerenciamento de laboratórios visando o monitoramento da qualidade de água de acordo com os critérios da Conama 357 e da Portaria 518 MS. Especializou-se na área de Química Analítica, trabalhando com Métodos Cromatográficos e Eletroforéticos de Separação, Química Ambiental e Equilíbrio Químico. Atualmente é Professora Associada III no Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa, onde atua principalmente nos seguintes temas:1) equilíbrio químico aplicado à química ambiental, visando o estudo de comportamento ácido-base de Bronsted de compostos de interesse agrícola, veterinário e farmacológico. 2) desenvolvimento, otimização e validação de métodos de análise de resíduos químicos usando , espectrofotometira UV-Visível e voltametria

BRUNA NICHELLE LUCAS

Tecnóloga em Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (2016), Especialista em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas (2019), Mestre (2018) e Doutora em Ciência e Tecnologia dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (2023). Tem experiência na área de alimentos, principalmente em métodos de extração baseados em química verde, compostos bioativos e desenvolvimento de metodologias analíticas para determinação de contaminantes químicos em alimentos, como também, experiência em diversas técnicas analíticas.

BRUNA PAOLA LESSE AMORIM

Tecnóloga em Alimentos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira - Paraná

CAROLINA MOSER PARAÍSO

Doutora em Ciência de Alimentos na Universidade Estadual de Maringá (2021). Mestre em Ciência de Alimentos na Universidade Estadual de Maringá (2018). Graduada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá (2015). Experiência nas áreas de tecnologia e ciência de alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: extração e purificação de compostos bioativos através da filtração por membranas e análises antioxidantes.

AUTORES

CRISTIANE CANAN

Docente do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira - Paraná

DAMARI GILENO FIGUEIREDO SOUZA

Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia - UFBA (2019), Graduada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS (2014), licenciada em Química pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci - UNIASSELVI (2022), especialista em Docência no Ensino de Química pela União Brasileira de Faculdades - UniBF (2022), licenciada em Matemática pela Faculdade União Brasileira de Faculdades - UniBF (2023), especialista em Docência no Ensino da Matemática – UniBF (2023). Participou do programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica PIBIC/CNPq (08/2012- 05/2013). Atuou como estagiária de controle de qualidade na Indústria e Comércio de aditivos - ADINOR (2012-2013). Atuou como estagiária voluntária ministrando aula no Colégio Estadual Professor Carlos Valadares (2021). Atualmente, atua como Professora nos cursos técnicos em Alimentos e Agroindústria no Colégio Estadual Professor Carlos Valadares(CECPV).

DEISY ALESSANDRA DRUNKLER

Docente do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira - Paraná

ELISANGELA FABIANA BOFFO

Possui graduação em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2001), mestrado (2004) e doutorado (2009) em Química Orgânica pela Universidade Federal de São Carlos, onde realizou trabalhos aplicando as técnicas de Ressonância Magnética Nuclear (RMN) e quimiometria na análise de alimentos, tais como, vinagres, méis e aguardentes. Atualmente é Professora Associada II do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia, onde desenvolve pesquisas utilizando RMN e quimiometria na quimiotaxonomia de plantas e na análise de alimentos, como azeite de dendê e café. Além disto, aplica as técnicas de RMN na elucidação estrutural de compostos produzidos por plantas e micro-organismos.

FLÁVIA MICHELON DALLA NORA

Farmacêutica pela Universidade Franciscana (2011), Especialista em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Pelotas (2017), Tecnóloga em Alimentos (2018), Graduada no Programa Especial de Graduação para Formação de Professores - grau equivalente a licenciatura plena (2013), Mestre em Química Analítica (2015) e Doutora em Ciência e Tecnologia dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (2018). Atualmente é Professora Adjunta do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos na Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de alimentos, farmácia e química, principalmente no desenvolvimento de metodologias analíticas para determinação de substâncias orgânicas, inorgânicas e metais tóxicos contaminantes em alimentos, medicamentos, amostras biológicas e produtos químicos com experiência em diversas técnicas analíticas.

JOÃO VITOR DE ARAUJO SILVA

Graduado em Tecnologia em Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC (2021). Atuou como estagiário nos laboratórios de Análises de Alimentos e Processamento de Alimentos no IFSC Campus Canoinhas (2019). Prestou atividades de extensão voltadas a Qualidade na Indústria de Alimentos e atividades de ensino através de monitorias voluntariadas relacionadas as áreas de Microbiologia de Alimentos e Processamento de Alimentos. Mestrando em Ciência de Alimentos com ênfase em Bioquímica Metabólica em Universidade Estadual de Maringá (UEM), (atual).

AUTORES

JUMARA SILVA DE SOUSA

Graduada em Engenharia Química pela Universidade do Estado do Amapá - UEAP (2019). Atualmente mestra em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá. Tem experiência em análise físico-química de alimentos e otimização de síntese de nanopartículas de dióxido de estanho por meio do método sol-gel proteico e na área de Gestão, Controle e Preservação Ambiental com ênfase em Tratamento de Água.

LAIZA BERGAMASCO BELTRAN

Possui graduação em Tecnologia em Alimentos pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2018) e mestrado em Ciências de Alimentos pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos na Universidade Estadual de Maringá (2021). Atualmente é aluna de doutorado no mesmo programa (2022). Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, desenvolveu projetos de pesquisa na área de Boas Práticas de Fabricação, Análise de Alimentos e Desenvolvimento de novos produtos. Possui conhecimento na área de Técnicas alternativas para o tratamento de água, atuando principalmente nos seguintes temas: utilização de biossorventes e adsorção de contaminantes, tais como, corantes e pesticidas do meio aquoso. Atualmente trabalha com os seguintes temas de pesquisa: Resíduos agroindustriais, alimentos funcionais, compostos bioativos e desenvolvimento e caracterização de novos produtos alimentícios.

LUIZ CARLOS CHAMHUM SALOMÃO

Possui graduação em Agronomia (1984), mestrado em Fitotecnia (Produção Vegetal) (1987) e doutorado em Ciências Agrárias (Fisiologia Vegetal) (1994) pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente, é Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa e atua como orientador do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia (Produção Vegetal). Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Fisiologia e manejo Pós-Colheita de frutos, atuando principalmente nos seguintes temas: análise de crescimento, qualidade do fruto, embalagens e revestimentos comestíveis, atmosfera modificada, indução e inibição do amadurecimento e controle de doenças com produtos alternativos aos agrotóxicos. Também atua na área de técnicas culturais em Musa spp., Mangifera indica e outras fruteiras.

MARIANNA POZATTI MARTINS DE SIQUEIRA

Atualmente, professora efetiva na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) lotada no Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos (DTCA). Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (2017-2021), atuando na área de Tecnologia de Bebidas (tecnologias aplicadas na elaboração de vinhos tintos). Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos (Análise de compostos potencialmente tóxicos em alimentos) pela UFRGS. Especialista em Gestão de Serviços de Alimentação pela Universidade Vale do Rio dos Sinos (2016). Sommelier Internazionale pela Escola de Gastronomia UCS-ICIF em parceria com a Federazione Italiana Sommelier Albergatori Ristoratori (2013). Tecnóloga em Gastronomia pela Universidade Norte do Paraná (2013). Tecnóloga em Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-2021).Experiência profissional na área docente em Cursos de Gastronomia e Tecnologia de Alimentos. Atuação principal nos seguintes temas: enogastronomia e zitogastronomia, tecnologia de bebidas, química culinária, tecnologia em alimentos, tecnologia na gastronomia (gastronomia molecular, etc.), cozinha de criação e gastronomia internacional.

MONA LIZA SANTANA SANTA ROSA MACEDO

Doutora em Biotecnologia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2014). Mestre em Biotecnologia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2010). Possui graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos pelo Instituto Federal de Educação do Sertão Pernambucano (2008). Atua como pesquisadora nas área de Enzimologia, Tecnologia de Alimentos e Química dos Alimentos. Atuou como docente nos cursos de Nutrição e Biomedicina ministrando as disciplinas de Tecnologia de Alimentos, Análises bromatológicas, Análise sensorial, Química dos alimentos e Microbiologia. Possui Formação Pedagógica em Química pela Universidade Federal do vale São Francisco

AUTORES

(UNIVASF). Atua como docente na área de Química do ensino técnico e médio da rede Estadual da Bahia.

NAILA PEIL MARCUZZO

Tecnóloga em Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (2023). Atualmente é aluna de pós-graduação da Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Tecnologia em Alimentos.

NICOLE NOVELLI DO NASCIMENTO

Formada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) em 2017, tenho experiência nas áreas de Bioquímica e Análise de Alimentos. Obtive especialização em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário de Maringá em 2018. Concluí meu mestrado em Ciências de Alimentos na Universidade Estadual de Maringá (UEM), onde me especializei em Aproveitamento de Subprodutos e Processos de Separação por Membranas. Atualmente, estou realizando meu doutorado como bolsista do CNPq em Ciências de Alimentos na Universidade Estadual de Maringá. Meu projeto de pesquisa abrange as áreas de Enzimologia, Separação por Membranas e Engenharia Bioquímica, em colaboração com a Universidade Federal de São Carlos (UFscar). Durante minha mobilidade acadêmica na UFscar, aprimorei técnicas relevantes para minha tese e conduzi análises cromatográficas essenciais ao desenvolvimento do projeto.Como parte do meu desenvolvimento acadêmico, realizei um Doutorado Sanduíche (PDSE-CAPES) no Instituto de Catálisis y Petroquímica - Consejo Superior de Investigaciones Científicas (ICP-CSIC) na Espanha. Além disso, contribuí como coordenadora nacional em atividades voluntárias para o grupo sem fins lucrativos 500 Women Scientists, na sede brasileira.

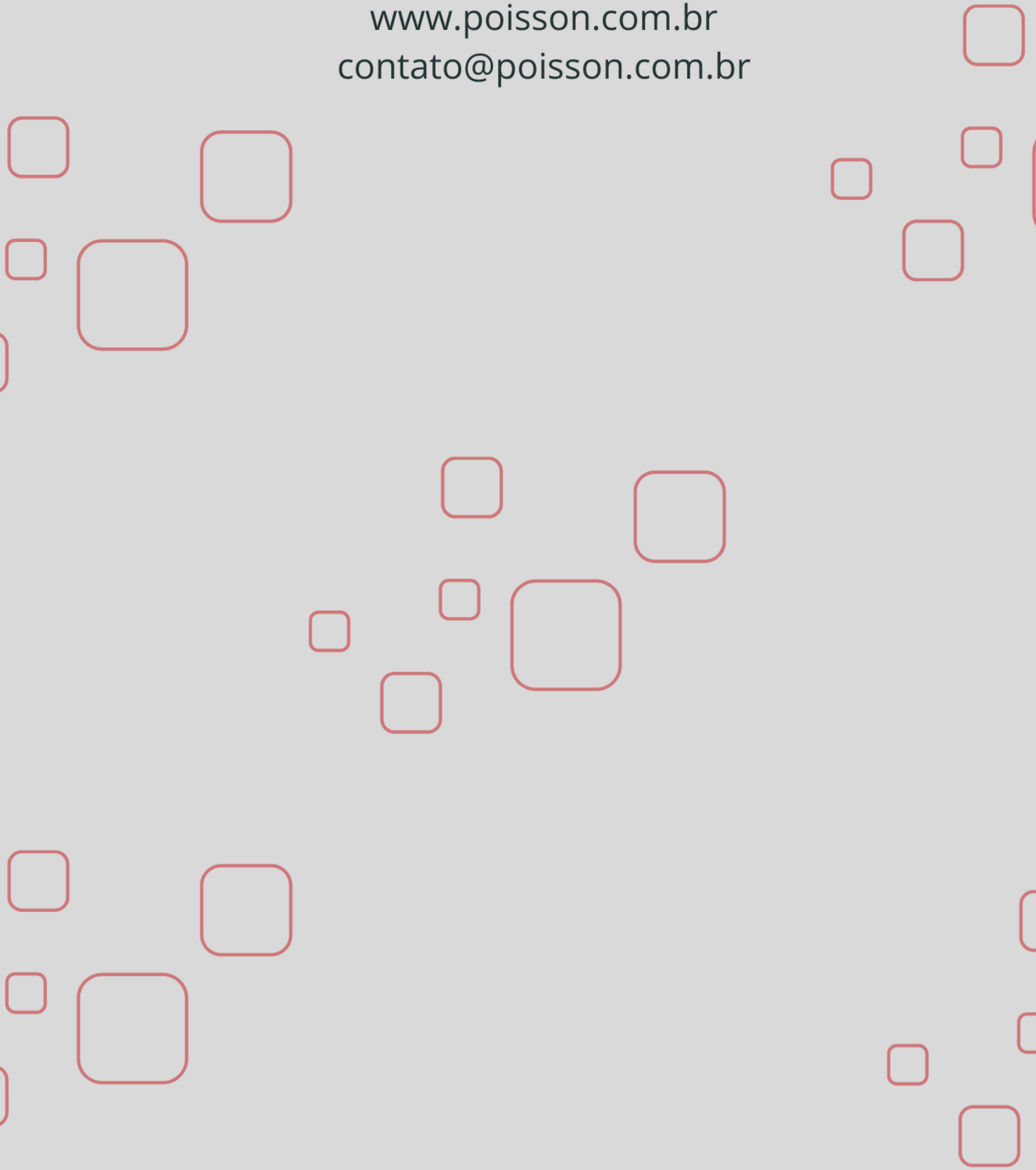
RAFAEL CÉSAR GONÇALVES PEREIRA

Sou graduado em Bioquímica pela UFV, com mestrado e doutorado em Química pela UFMG, onde atuei principalmente nas áreas de Química de Produtos Naturais e Síntese Orgânica. Atualmente, desenvolvo pesquisa de pós-doutorado no Departamento de Química da UFMG junto ao INCT Pox. Minha jornada acadêmica é complementada por uma sólida experiência docente desde 2017, abrangendo diversas instituições públicas e privadas. Como professor, ministrei disciplinas como Química para o Ensino Médio, Química Geral e Inorgânica, e Biofísica para o Ensino Superior, inclusive como professor substituto no CEFET-MG.

WELOTN ROSA

Possui graduação em Licenciatura e Bacharelado em Química pela Universidade Federal de Viçosa (2013) , mestrado em Química (2015) pela Uiversidade Federal de Alfenas (Unifal-MG) e doutorado em Química (2021) pela mesma instituição. Atuou quase 6 anos (2018-2024) como Professor da Educação Básica do Estado de Minas Gerais, bem como Professor Substituto no IFMG

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br



@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson